

УДК 613.62:616.099

DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.17.6.2021.242321>

Алексійчук О.Ю., Ткачишин В.С., Кондратюк В.Є., Арустамян О.М., Думка І.В.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Отруєння телуrom та його сполуками у промисловості

Резюме. Телур в основному використовувався в сталеливарній промисловості протягом останніх 40 років. Цей матеріал використовують для виготовлення сонячних батарей, лазерів, фотоопорів, лічильників радіоактивних випромінювань. Кадмієво-телуриєві батареї є другою за популярністю технологією у сфері сонячної енергетики. Іншим важливим застосуванням телуру є виготовлення термоелектрогенераторів. У металургійній промисловості телур використовують як добавку до металів і сплавів. Телур і його сполуки надходять в організм головним чином через органи дихання, меншою мірою — через органи травлення та шкіру. Потрапляння в організм через дихальні шляхи викликає нудоту, бронхіти і пневмонії. В організмі сполуки телуру відновлюються до елементарного телуру або зазнають метилування (телуристий метил має характерний часниковий запах, він менш токсичний, ніж телур). Виділяється телур через нирки, меншою мірою — через шлунково-кишковий тракт. Телуристий метил виділяється частково з повітрям, що видихається, та з потом. Для діагностики гострого отруєння телуrom переважно використовується кров. Використання актуалізованих нормативними документами Міністерства охорони здоров'я алгоритм-критеріїв оцінки ступеня тяжкості клінічних проявів системно-органної токсичності отруту забезпечує належний рівень діагностики порушень життєво важливих функцій організму. Лікування таких пацієнтів має включати антидотну та симптоматичну терапію залежно від ступеня клінічних проявів. З метою запобігання розвитку телурової інтоксикації перш за все необхідно застосовувати максимальну герметизацію та автоматизацію виробничих процесів, активно впроваджувати вентиляцію виробничих приміщень і обов'язково проводити попередні та періодичні медичні огляди. Необхідне також використання індивідуальних засобів захисту (гумові рукавички, протипилові респіратори).

Ключові слова: телур; отруєння телуrom; діагностика; лікування; профілактика; огляд

Вступ

На сучасному етапі важливе значення має антропогенне забруднення навколишнього середовища хімічними речовинами, важкими металами та іншими токсичними мікроелементами. На сьогодні техногенні мікроелементози набувають все більшого поширення. Одним із таких мікроелементів є телур [1].

Телур — хімічний елемент із атомним номером 52, сріблясто-білий металоїд, схожий на олово. Як елемент 16-ї групи за хімічними властивостями близький до селену та сульфору, позначається символом Te (від лат. *Tellurium*). При кімнатній температурі знаходиться у твердому стані [2–5].

Уперше знайдений в 1782 році в золотоносних рудах Трансильванії (Румунія) гірським інспектором Фран-

цом Йозефом Мюллером (згодом — барон фон Райхенштайн), який був на той час керівником трансильванських гірських і монетних дворів. Пауль Китайбел, виділивши телур в 1786 році з мінералу верліти, згодом визнав першість за хіміком Францом Йозефом Мюллером. Символ Te запропонував Йонс Якоб Берцеліус в 1814 році [2, 4, 5].

Телур — це метал, який не взаємодіє з водою і соляною кислотою, але розчиняється в азотній кислоті. Число ізотопів телуру з урахуванням радіоактивних ізомерів — 39. Найбільш поширені у природі стабільний Te^{128} (31,73 %) і два радіонукліди — Te^{130} (33,97 %) з періодом напіврозпаду $2,4 \times 10^{21}$ років і Te^{123} (0,89 %) з періодом напіврозпаду $1,3 \times 10^{13}$ років [2–5].

© «Медицина невідкладних станів» / «Emergency Medicine» («Medicina neotložnyh состоâniŭ»), 2021

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2021

Для кореспонденції: Ткачишин Володимир Степанович, доктор медичних наук, професор кафедри пропедевтики внутрішньої медицини, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, бул. Т. Шевченка, 13, м. Київ, 02000, Україна; e-mail: tkachishin@i.ua; контактний телефон: +38 (097) 255-14-72.

For correspondence: Volodymyr Tkachishin, MD, PhD, Professor at the Department of propaedeutics internal medicine, Bogomolets National Medical University, T. Shevchenko boulevard, 13, Kyiv, 02000, Ukraine; e-mail: tkachishin@i.ua; contact phone: +38 (097) 255-14-72.

Основна сполука телуру — телурит (TeO_2) у природних умовах зустрічається рідко. Її отримують при очищенні міді з анодного шламу. Зустрічається у значних концентраціях в золоторудних родовищах. Телур видобувають як супутній продукт при переробці сульфідних мідних, частково свинцевих руд, а також золото-срібло-телурових руд. Більше 2/3 телуру в світі отримується при переробці з халькопириту. Відомо понад 110 мінералів телуру. Переважають телуриди і сульфотелуриди. Велика частина згаданих мінералів зустрічається в низькотемпературних золото-срібних родовищах, де вони зазвичай виділяються після основної маси сульфідів спільно з самородним золотом, сульфосолями срібла, свинцю, а також зі сполуками вісмуту. Незважаючи на наявність великого числа телурових мінералів, головна маса телуру, що застосовується для потреб промисловості, входить до складу сульфідів інших металів [4–6].

Застосування у промисловості

Застосування телуру в промисловості багатогранне. Телур в основному використовується протягом останніх 40 років у металургічній промисловості як добавка до металів і сплавів. Сплав міді з вмістом 0,3–0,8 % телуру, майже не знижуючи електропровідність, значно полегшує її обробку. Схожим чином додавання 0,2 % телуру впливає на сталь [2, 7].

Телур застосовується у виробництві сплавів свинцю з підвищеною пластичністю і міцністю, які застосовуються, наприклад, при виробництві кабелів. При введенні 0,05 % телуру втрати свинцю на розчинення під впливом сірчаної кислоти знижуються в 10 разів, і це використовується при виробництві свинцево-кислотних акумуляторів. Також важливим є те, що легований телуром свинець зберігає пластичність і міцність, і це дозволяє вести технологію виготовлення струмовідводів акумуляторних пластин методом холодного висікання і значно збільшити термін служби і питомі характеристики акумулятора. Додавання 0,1 % телуру до свинцю збільшує його стійкість до вібрацій [2, 7].

Також велика роль телуру у виробництві напівпровідникових матеріалів і, зокрема, телуридів свинцю, вісмуту, сурми, цезію. Останніми роками великий інтерес становить ще одна хімічна сполука телуру, що має напівпровідникові властивості, — телурид кадмію (CdTe). Цей матеріал використовують для виготовлення сонячних батарей, лазерів, фотоопорів, лічильників радіоактивних випромінювань. Кадмієво-телуриєві батареї є другою за популярністю технологією у сфері сонячної енергетики і займають близько 5 % ринку. У останні десятиліття цей сектор розвивається дуже швидко, а тому і частка телуру, що використовується для потреб сонячної енергетики, теж зростає — у 2017 році вона становила 42 %. Іншим важливим джерелом застосування телуру є виготовлення термоелектрогенераторів — близько 30 % телуру йде на ці потреби [2].

Абсолютно виняткове значення також отримали сплави кадмій-ртуть-телур, які мають найкращі характеристики для виявлення випромінювання від стартів ракет і спостереження за противником з космосу через атмосферні вікна (не має значення хмарність). Даний сплав є одним з найбільш цінних матеріалів у сучасній електронній промисловості.

Окремою сферою застосування телуру є його використання в процесі вулканізації каучуку. З телуру виготовляються детонатори для вибухових пристроїв. Телурит натрію у минулому використовувався як пестицид, а зараз використовується у бактеріології і медицині. З субоксиду телуру виготовляють тонкий шар, на якому зберігається інформація на оптичних дисках, таких як CD, DVD або Blu-ray. Сплав телуру застосовується також в компакт-дисках типу RW (зокрема, фірми Mitsubishi Chemical Corporation марки «Verbatim») для створення деформуючого відбиваючого шару [8, 9].

Телур використовується при створенні спеціальних марок скла (де він застосовується у вигляді діоксиду). Спеціальні види скла, леговані телуром, застосовуються як активні елементи оптичних квантових генераторів та як напівпровідники в електроніці.

Обмежене застосування телуру знаходить своє застосування у виробництві ламп з його парами — вони мають спектр, дуже близький до сонячного.

Механізм дії і патогенез

Телур і його сполуки надходять в організм головним чином через органи дихання, меншою мірою — через органи травлення і шкіру. В організмі сполуки телуру відновлюються до елементарного телуру або зазнають метилювання (телуристий метил має характерний часниковий запах, він менш токсичний, ніж телур). Виділяється телур через нирки, меншою мірою — через шлунково-кишковий тракт. Телуристий метил виділяється частково з повітрям, що видихається, та з потом.

Телур і його леткі сполуки високотоксичні. Гранично допустима концентрація в повітрі коливається для різних сполук — 0,007–0,01 мг/м³, у воді — 0,001–0,01 мг/л [10, 11].

Патогенез інтоксикації телуром і механізм дії на сьогодні повністю не вивчені. Відомо, що телур має властивість блокувати сульфгідрильні угруповання клітинних ферментів. Також активно вивчалась нейротоксична дія телуру. В експериментальних дослідженнях на щурах було показано розвиток нейропатії [10, 11] за рахунок ураження підтримуючого апарату (гліальних і шванівських клітин) та демієлінізації нервових волокон [11–21]. Важливим у даному процесі є також пригнічення активності ферменту скваленоксидази [20, 22]. Результатом пригнічення ферменту скваленоксидази є зниження рівня синтезу холестерину [20, 23, 24]. Цей демієлінізуючий ефект телуру, який описаний у даній експериментальній моделі, виявився тимчасовим, тому телур до нейротоксичних сполук не відноситься [18, 26].

Канцерогенність телуру не підтверджена. Зазначається, що ембріон на пізніх стадіях внутрішньо-утробного розвитку особливо чутливий до впливу телуру [27, 30].

Клінічні прояви

Залежно від часу експозиції на організм працівника виділяють гостре та хронічне отруєння телуrom.

При гострому отруєнні аерозолями телуру або телуристого ангідриду спостерігаються подразнення слизових верхніх дихальних шляхів, головний біль, запаморочення, слабкість, почастишання дихання, тахікардія, нудота, блювання, озноб, швидкий підйом температури, зміни на електрокардіограмі, помірна лейкопенія, моноцитоз і лімфоцитоз, часниковий запах повітря, що видихається, і поту. Може викликати бронхіт або пневмонію [10, 11].

У більш виражених випадках відзначаються болі в ділянці нирок, гематурія, явища циститу, наростання легеневої недостатності, коматозний стан і смерть. Телуристий водень також подразнює слизові оболонки верхніх дихальних шляхів, при цьому швидко розкладається при контакті з ними (останні забарвлюються в чорно-зелений колір) [10, 11].

Надходження в організм близько 15 мг телуру може викликати у людини часниковий запах, що зберігається більше 200 днів. У робітників, які зазнали впливу парів телуру, спостерігаються часниковий запах повітря, що видихається, а також поту і сечі, сухість у роті, металевий присмак, нудота, анорексія, зниження маси тіла, втрата апетиту, зменшення потовиділення, сухість і свербіж шкіри, порушення функції шлунково-кишкового тракту і безсоння. Повідомлялося, що випадкове потрапляння натрій-телуру через шлунково-кишковий тракт призвело до втрати свідомості і смерті пацієнта. Результатом експозиції до газоподібного гексафториду телуру стало виникнення синьо-чорного забарвлення шкіри між пальцями рук. Клінічні особливості також включали блювання та чорне забарвлення слизової оболонки порожнини рота. Тяжке отруєння призводить до пригнічення дихання та виникнення колапсу [28, 29].

Клінічна картина **хронічного отруєння телуrom** і його сполуками недостатньо з'ясована. У працюючих на плавці сталі, що містить телур, відзначалися скарги на часниковий запах з рота, поту і сечі (більше як ознака тривалого контакту, а не симптом інтоксикації), металевий присмак у роті, втрата апетиту, нудота, блювання, нестійкі випорожнення (пронос або запори), схуднення, сонливість, пригнічений стан [10, 11].

При отруєннях телур виводиться з організму у вигляді летючих телурурганичних сполук, що мають неприємний запах, — алкілтелуридів, в основному диметилтелуриду (CH_3)₂Te. Їх запах нагадує запах часнику, тому при надходженні в організм навіть ма-

лих кількостей телуру повітря, що видихається людиною, має цей запах, що є важливим симптомом у діагностиці отруєння телуrom [31–33].

У місті Глазго (Шотландія) було проведено дослідження двох випадків отруєння сполуками телуру. Два працівника лабораторії займалися дослідженнями в галузі промислового та терапевтичного використання ефірів телуру. Випадковий вплив газоподібного гексафториду телуру відбувся в результаті витоку 50 г речовини з балону в невеликій за площею лабораторії [41].

У першому випадку 24-річний чоловік відчував металевий присмак у роті, мав характерний запах часника з рота під час дихання, меншою мірою цей запах відчувався від поту та сечі. Спостерігалася відсутність апетиту, але при цьому нудота та порушення випорожнення не були відмічені. Пацієнт також скаржився на постійну сильну стомлюваність та сонливість, яка виникала в обідній час або ввечері. У пацієнта не спостерігалася ні сухості шкірних покривів, ні їх іктеричності, але після перших двох днів госпіталізації була відмічена поява еритематозного висипання на руках, долонях та шиї. Окрім цього, цікавим і водночас незвичайним шкірним проявом також була поява блакитно-чорних плям на перетинках пальців, меншою мірою — на шиї та обличчі, які зникли через кілька тижнів [41].

У другому випадку чоловік 26 років зазнав меншого впливу гексафториду телуру та мав запах часника з рота під час дихання, ледь відчутний металевий присмак у роті та незначну сонливість. Відсутність апетиту, нудота та порушення випорожнення не спостерігались. Він також мав блакитно-чорні плями на перетинках пальців, шиї та обличчі, але значно меншого ступеня порівняно з клінічними проявами першого пацієнта [41].

Звертає на себе увагу те, що отруєння телуrom і його сполуками дещо подібне до отруєння селеном і його сполуками [42].

Діагностика. Лабораторна токсикологічна діагностика, як правило, зосереджена на трьох основних напрямках. Перший — специфічні токсикологічні дослідження для термінового визначення телуру у біологічних середовищах організму. Другий — специфічні дослідження характерних для отруєння телуrom клініко-об'єктивних змін. Третій — неспецифічні дослідження для діагностики тяжкості отруєння [34].

Для виконання першого етапу діагностики гострого отруєння телуrom переважно використовуються кров. Для визначення кількості телуру у плазмі крові використовується метод мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою. Результати дослідження волосся і нігтів менш надійні, ніж дослідження крові і сечі. Це пов'язано з тим, що додатки шкіри здатні накопичувати метали із навколишнього середовища, тому концентрація металів у волосся і нігтях не завжди відображає їх концентрацію в організмі. При інтерпретації результату дослідження

слід враховувати деякі особливості метаболізму телуру в організмі [30, 35–37].

Другий напрямок діагностики отруєння телуром включає наявність у пацієнта характерних для інтоксикації телуром клінічних і об'єктивних вже описаних проявів інтоксикації [10, 11, 28–33].

Третій напрямок діагностики включає заходи клініко-лабораторного та інструментального обстеження стану життєво важливих функцій організму, які містять оцінку функцій серцево-судинної, дихальної та центральної нервової систем. Додаткові лабораторні дослідження включають виконання й оцінювання даних загальних аналізів крові та сечі, біохімічного аналізу крові й коагулограми.

Використання актуалізованих нормативними документами Міністерства охорони здоров'я алгоритм-критеріїв оцінки ступеня тяжкості клінічних проявів системно-органної токсичності отрут забезпечує належний рівень діагностики порушень життєво важливих функцій організму [38].

Лікування. Лікування таких пацієнтів має включати антидотну та симптоматичну терапію залежно від ступеня клінічних проявів. Активну детоксикацію організму проводять у спеціалізованих токсикологічних центрах.

До антидотної терапії у випадку інтоксикації телуром застосовують унітіол. Даний лікарський засіб своїми активними сульфгідрильними (тіоловими) групами зв'язується з телуром та інактивує його з утворенням нетоксичних водорозчинних комплексів. Міцне зв'язування телуру і швидке виведення комплексів, що утворюються, попереджає зв'язування тіолових груп ферментів і сприяє відновленню їх активності, внаслідок чого слабшають або повністю усуваються симптоми отруєння.

Застосовують унітіол парентерально (внутрішньом'язово або підшкірно). C_{max} досягається через 15–30 хвилин після ін'єкції. При отруєнні телуром дорослим необхідно вводити 5–10 мл 5% водного розчину унітіолу (з розрахунку 0,05 г препарату або 1 мл 5% розчину на 10 кг маси тіла). У першу добу необхідно вводити 3–4 ін'єкції (кожні 6–8 год). На другу добу достатньо вводити 2–3 ін'єкції (кожні 8–12 год), а на третю добу — 1–2 ін'єкції. Тривалість застосування унітіолу залежить від швидкості виведення токсичних сполук телуру з організму. Лікування необхідно проводити до повного зникнення ознак інтоксикації.

Ефективне використання лікувальних заходів при наданні медичної допомоги, зменшення кількості помилок медичних працівників при лікуванні гострих отруєнь важкими металами забезпечує впроваджений в Україні алгоритм, який включає: заходи клініко-лабораторного та інструментального обстеження стану життєво важливих функцій організму на госпітальному етапі; ідентифікацію функціонального стану систем життєзабезпечення; заходи першої медичної допомоги тяжких отруєнь на госпітальному етапі; диференційовану антидот-

ну терапію; заходи щодо видалення отрути, яка не всмокталася; заходи щодо видалення всмоктаної отрути; запобігання рециркуляції отрути; заходи по-синдромної терапії [38, 39].

Важливим аспектом надання токсикологічної допомоги населенню є реалізація в Україні єдиної сучасної ідеології щодо лікування гострих отруєнь, що викладена в медичних протоколах із токсикології в багатьох розвинутих країнах світу. Втілення в клінічну практику протоколу «Інтенсивна терапія гострих отруєнь металами (Міжнародна класифікація хвороб 10-го перегляду: T56, T57)» дозволяє ефективно використовувати лікувальні заходи при наданні медичної допомоги, зменшити кількість помилок медичних працівників при лікуванні гострих отруєнь телуром і підвищити ефективність лікування в цілому [39].

Профілактика. З метою запобігання розвитку телурової інтоксикації перш за все необхідно застосовувати максимальну герметизацію й автоматизацію виробничих процесів, активно впроваджувати вентиляцію виробничих приміщень та обов'язково проводити попередні та періодичні медичні огляди.

Попередні, при надходженні на роботу, і періодичні медичні огляди повинні проводитися відповідно до діючого наказу МОЗ України № 246 від 21 травня 2007 року, п. 1.28 «Селен, телур та їх сполуки» додатку 4 до п. 2.6 «Порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій».

Необхідне також використання індивідуальних засобів захисту (гумові рукавички, протипилові респіратори). У період вагітності і годування жінок потрібно переводити на роботу, не пов'язану з можливим впливом телуру на організм працюючих [10, 11].

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Ролько В. Исследование эффективности применения альфа-липовой кислоты при хронической интоксикации тяжёлыми металлами. *Эстетическая медицина*. 2012. Т. XI. № 4. С. 583–596.
2. Schuyler Anderson C. *Tellurium*. U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries*. January 2018. P. 166–167.
3. *Copper-Tellurium*. Conseil International pour le developpement du cuivre (CIDECE). Geneve, 1968. P. 1–8.
4. Опейда Й., Швайка О. Глосарій термінів з хімії. *Ін-т фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет*. Донецьк: Вебер, 2008. 758 с.
5. Киндяков П.С., Коршунов Б.Г., Федоров П.И., Кисляков И.П. *Химия и технология редких и рассеянных элементов*. М.: Высшая школа, 1978. Т. 3. 320 с.
6. Браун Т., Лемей Г.Ю. *Химия — в центре наук*. М.: Мир, 1983. Т. 2. 520 с.

7. Aborn R.H. *The role of selenium and tellurium in ferrous metals. In: Symposium on Metallurgy of substitute Ferrous & Non-Ferrous Alloys. April 1966. NML, Jamshedpur. P. 342-343.*
8. Sodium Tellurite. *Hazardous Substance Fact Sheet. New Jersey Department of Health and Senior Services. August 1999. 6 p.*
9. Tomio Yoshida, Takeo Ohta, Isao Sato, Shunji Ohara. *An Optical Digital Memory Using Tellurium Sub-Oxide Thin Film Disc, Proc. SPIE 0421, Optical Disks Systems and Applications. 10 November 1983. <https://doi.org/10.1117/12.936100>.*
10. Косарев В.В., Бабанов С.А. *Профессиональные болезни. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 368 с.*
11. Куценко С.А. *Основы токсикологии. Биомедицинский журнал Медлайн.ру. Т. 4. Статья 119. СПб., 2003. С. 188-284.*
12. Morell P., Toews A. *Schwann cells as targets for neurotoxins. Neurotoxicology. 1996. № 17. P. 685-696.*
13. Bouldin T., Earnhardt T., Goines N., Goodrum J. *Temporal relationship of blood-nerve barrier breakdown to the metabolic and morphologic alterations of tellurium neuropathy. Neurotoxicology. 1989. № 10. P. 79-90.*
14. Lampert P., Garro F., Pentschew A. *Tellurium neuropathy. Acta Neuropathol. 1970. № 15. P. 308-317.*
15. Bouldin T., Samsa G., Earnhardt T., Krigman M. *Schwann cell vulnerability to demyelination is associated with internodal length in tellurium neuropathy. J. Neuropathol. Exp. Neurol. 1988. № 47. P. 41-47.*
16. Goodrum J., Earnhardt T., Goines N., Bouldin T. *Lipid droplets in Schwann cells during tellurium neuropathy are derived from newly synthesized lipid. J. Neurochem. 1990. № 55. P. 1928-1932.*
17. Hammang J., Duncan I., Gilmore S. *Degenerative changes in rat intraspinal Schwann cells following tellurium intoxication. Neuro-pathol. Appl. Neurobiol. 1986. № 12. P. 359-370.*
18. Harry G., Goodrum J., Bouldin T., Wagner-Rocio M., Toews A., Morell P. *Tellurium-induced neuropathy: Metabolic alterations associated with demyelination and remyelination in rat sciatic nerve. J. Neurochem. 1989. № 52. P. 938-945.*
19. Lampert P., Garrett R. *Mechanism of demyelination in tellurium neuropathy. Electron microscopic observations. Lab. Invest. 1971. № 25. P. 380-388.*
20. Morell P., Toews A. *Schwann cells as targets for neurotoxins. Neurotoxicology. 1996. № 17. P. 685-696.*
21. Bouldin T., Earnhardt T., Goines N., Goodrum J. *Temporal relationship of blood-nerve barrier breakdown to the metabolic and morphologic alterations of tellurium neuropathy. Neurotoxicology. 1989. № 10. P. 79-90.*
22. Goodrum J. *Role of organotellurium species in tellurium neuropathy. Neurochem. Res. 1998. № 23. P. 1313-1319.*
23. Toews A., Eckermann C., Roberson M., Lee S., Morell P. *Primary demyelination induced by exposure to tellurium alters mRNA levels for nerve growth factor receptor, SCIP, 2',3'-cyclic nucleotide 3'-phosphodiesterase, and myelin proteolipidprotein in rat sciatic nerve. Mol. Brain Res. 1991. № 11. P. 321-325.*
24. Toews A., Goodrum J., Lee S., Eckermann C., Morell P. *Tellurium-induced alterations in 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase gene expression and enzyme activity: Differential effects in sciatic nerve and liver suggest tissue-specific regulation of cholesterol synthesis. Neurochem. 1991. № 57. P. 1902-1906.*
25. Dyer K., El-Fawal H., Ehrlich M. *Comparison of organophosphate-induced delayed neuropathy between branches of the tibial nerve and the biventercervicis nerve in chickens. Neurotoxicology. 1991. № 12. P. 687-695.*
26. Toews A., Lee S., Popko B., Morell P. *Tellurium-induced neuropathy: A model for reversible reductions in myelin protein gene expression. Neurosci. Res. 1990. № 26. P. 501-507.*
27. Tellurium. *International Chemical Safety Cards. National Institute for Occupational Safety and Health. April 13, 2000. <http://www.aresok.org/npg/nioshdb/ipcsneng/neng0986.html>.*
28. Müller R., Zschiesche W., Steffen H., Schaller K. *Tellurium-intoxication. Klinische Wochenschrift. 1989. № 67. P. 1152-1155.*
29. Yarema M., Curry S. *Acute tellurium toxicity from ingestion of metal-oxidizing solutions. Pediatrics. 2005. № 116(2). P. 319. DOI: 10.1542/peds.2005-0172.*
30. Ford M.D. et al. *Clinical Toxicology. 1st ed. W.B. Saunders Company, 2001.*
31. Wright P. *Comparative metabolism of selenium and tellurium in sheep and swine. AJP — Legacy: journal. 1966. Vol. 211. № 1. P. 6-10. PMID 5911055.*
32. Müller R., Zschiesche W., Steffen H., Schaller K. *Tellurium-intoxication. Klinische Wochenschrift: journal. 1989. Vol. 67. № 22. P. 1152-1155. doi: 10.1007/BF01726117. PMID 2586020.*
33. Taylor Andrew. *Biochemistry of tellurium. Biological Trace Element Research. Springer, 1996. Vol. 55. № 3. P. 231-239. doi: 10.1007/BF02785282. PMID 9096851.*
34. Черний В.И., Шейман Б.С., Гребняк Н.П., Колесников А.Н., Федоренко А.Ю. *Профилактика и интенсивная терапия острых отравлений у детей и подростков. 2007. 1010 с.*
35. Klaassen C.D. et al. *Casarett and Doull's Essentials of Toxicology. 1st ed. MCGraw-Hill, 2004.*
36. Fauci A. et al. *Harrison's Principles of Internal Medicine. 17th ed. The McGraw-Hill Companies, 2008.*
37. Chernenko C.C., Berger B.J. *Laboratory Tests and Diagnostic Procedures. 5th ed. Saunders Elsevier, 2008.*
38. Власик Л.І., Волошина Н.О., Георгіянець М.А. та ін. *Протоколи надання медичної допомоги при острих отруєннях (розділ «Антидотна терапія», 1 частина). Сучасні проблеми токсикології. 2009. № 2. С. 81-94.*
39. Коновчук В.М., Власик Л.І., Акентьев С.О., Акентьева М.С. *Гострі отруєння важкими металами: антидоти та інтенсивна терапія. Медицина неотложных состояний. 2014. № 2(57). С. 79-82.*
40. Berrault C., Lightfoot N. *Occupational tellurium exposure and garlic odour. Occup. Med. (Lond.). 2011. № 61(2). P. 132. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21183571/>.*
41. Blackadder E., Manderson W. *Occupational Absorption of Tellurium: A Report of Two Cases. British Journal of Industrial Medicine. 1975. Vol. 32. № 1. P. 59-61. <https://www.jstor.org/stable/27722965/>.*
42. Арустамян О.М., Ткачишин В.С., Кондратюк В.Є., Алексійчук О.Ю., Думка І.В., Ткачишина Н.Ю. *Отруєння селеном і його сполуками у промисловості й побуті. Медицина неотложных состояний. 2020. № 6. С. 26-32.*

Отримано/Received 04.07.2021

Рецензовано/Revised 20.07.2021

Прийнято до друку/Accepted 02.08.2021 ■

*O.Yu. Aleksichuk, V.S. Tkachishin, V.Ye. Kondratyuk, O.M. Arustamyan, I.V. Dumka
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine*

Poisoning from tellurium and its toxic compounds in industry

Abstract. Tellurium has been primarily used in the steel industry for the past 40 years. This material is used for the manufacture of solar cells, lasers, photoresistors, and counters of radioactive radiation. Cadmium tellurium batteries are the second most popular solar technology. Another important application of tellurium is in the manufacture of thermoelectric generators. In the metallurgical industry, tellurium is used as an additive to metals and alloys. Tellurium and its compounds enter the body mainly through the respiratory system, as well as through the mouth and skin. Penetration into the body through the respiratory tract causes nausea, bronchitis, and pneumonia. The tellurium compounds are restored to elementary tellurium or amenable to methylation (methyl telluride has a characteristic garlic odor; it is less toxic than tellurium) in the body. Tellurium is excreted through the kidneys and gastrointestinal tract. Methyl telluride is excreted from

the body partially with exhaled air and with sweat. For the diagnosis of acute heavy metal poisoning, blood is mainly used. The use of updated algorithm-criteria for assessing the severity of clinical manifestations of systemic organ toxicity of poisons provides an appropriate level of diagnosis of disorders of vital body functions. Treatment of such patients should include antidote and symptomatic therapy depending on the severity of clinical manifestations. To prevent the development of telluric intoxication, first of all, it is necessary to apply maximum sealing and automation of production processes. It is also necessary to introduce ventilation in production facilities and to carry out preliminary and periodic medical examinations of workers without fail. The use of personal protective equipment is also required.

Keywords: tellurium; tellurium poisoning; diagnostics; treatment; prevention; review