

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 502.3+574

DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.11

**М.Н. ЗАКИРОВА  
Е.В. ЧУПРИНА**

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КАДМИЕМ

ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY  
IN THE CONDITIONS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION BY CADMIUM

*Рассмотрены технологические процессы и определены источники попадания кадмия в окружающую среду. Установлены материалы, сырье и технологии, способствующие загрязнению воздуха Cd-содержащими выбросами. Рассмотрены пути попадания кадмия в организм человека. Оценены негативные последствия аккумуляции тяжелого металла в организме человека. Методом атомно-абсорбционной спектроскопии проведены исследования продуктов питания на содержание в них кадмия. Исследования позволяют расценивать кадмий как супертоксикант окружающей среды в связи с его широкой распространенностью и чрезвычайной опасностью. Предложены мероприятия технического и медико-профилактического характера по ограничению воздействия кадмия на человека.*

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, кадмий, супертоксикант, атомно-абсорбционная спектроскопия, предельно-допустимая концентрация, приоритетные химические загрязнители атмосферы, детоксикация

*Technological processes are considered and the industries that are the source of cadmium entering the environment are identified. The materials, raw materials and technologies promoting pollution of air with Cd-containing emissions are determined. The ways of getting cadmium into the human body are considered. The negative consequences of accumulation of heavy metal in the human body are estimated. The method of atomic absorption spectroscopy was used to study food products for the content of cadmium in them. Studies allow to regard cadmium as a super-toxicant of the environment due to its widespread prevalence and extreme danger. The measures of a technical and medico-prophylactic nature to limit the effects of cadmium on humans are proposed.*

**Keywords:** heavy metals, cadmium, super-toxicant, atomic absorption spectroscopy, maximum permissible concentration, priority chemical pollutants of the atmosphere, detoxification

Среди тяжелых металлов кадмий довольно часто встречается в воздухе промышленных агломераций. Преимущественное агрегатное состояние кадмия – пыль. Его присутствие, несомненно, обусловлено тем фактом, что он входит в состав разнообразных материалов, используемых в промышленности. Так, в машиностроении он находится в составе красок и припоев, заводы по производству резинотехнических изделий используют кадмийсодержащие пигменты, на предприятиях, выпускающих электронику и полупроводники, применяются сплавы, припой и даже пластмассы на основе кадмия. Повышенное содержание металла в воздушной

среде заводов, выпускающих керамические изделия, обусловлено его присутствием в сырье. Установлено, что карбонатные и силикатные породы включают Cd-содержащие соединения в качестве естественных примесей. Таким образом, загрязнение окружающей среды кадмием обусловлено его достаточно широким применением.

Кадмий используется в промышленности для нанесения гальванических покрытий, получения лаков, эмалей, керамики, красителей, а также в производстве подшипников, аккумуляторов, поливинилхлорида, фотопленок. Он присутствует в газообразных выбросах предприятий, активном или

очистных сооружений и даже в фосфатных удобрениях. В подземные воды тяжелый металл попадает со сточными водами промышленных производств.

Техногенное загрязнение земель кадмием происходит в промышленно развитых районах, где функционируют нефтеперерабатывающие, металлургические, энергетические производства (содержится в выбросах, образующихся при сгорании угля, дизельного топлива). Таким образом, его присутствие в организме человека, где он легко аккумулируется, обусловлено, в первую очередь, индустриальным загрязнением. Кадмий может попадать в человеческий организм при вдыхании загрязненного воздуха и табачного дыма. Было установлено, что элемент в высоких концентрациях накапливается в табаке, а при высушивании сырья его концентрация резко увеличивается [1]. Интоксикация кадмием отмечается не только при активном, но и при пассивном курении. Другой возможный путь появления кадмия в организме – употребление в пищу растительной продукции, выращенной в загрязненных районах или произведенной с использованием суперфосфатных удобрений.

Ранее были опубликованы результаты исследований, позволяющие расценивать кадмий как супертоксикант окружающей среды [2,3]. Об этом свидетельствует чрезвычайно высокая опасность кадмия (среднесуточная ПДК в атмосфере – 0,0003 мг/м<sup>3</sup> [4]), его широкая распространенность в окружающей среде, а также выраженная материальная кумуляция. Накапливаясь в эритроцитах, он связывается с гемоглобином и длительно сохраняется в крови; откладывается в костной ткани, почках, железах внутренней секреции и очень медленно (в течение 2,0 – 2,5 лет) выводится из организма, вызывая в нем нарушение фосфорно-кальциевого обмена, атрофию костной ткани, поражение суставов, половых желез и расстройство функций почек.

По результатам исследований можно предположить, что, поскольку из почвы кадмий легко проникает в растения и через них поступает к животным, главным источником попадания его в организм человека являются пищевые продукты. Концентрация тяжелого металла в пищевых продуктах оценивалась дважды. С этой целью на базе Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Самарской области были проведены исследования пищевых продуктов на предмет содержания в них кадмия. Используемый метод – атомно-абсорбционная спектроскопия. Изучались мясо и мясопродукты, рыба и рыбные продукты, зерно, крупяные и хлебобулочные изделия, сахар и кондитерские изделия, плодоовощная продукция, масличное сырье и жиры, а также напитки (минеральная вода и вина). При проведении исследований кадмий был обнаружен в 197 (39 %) пробах. С наибольшим постоянством он присутствовал в мясных и рыбных продуктах (соответственно в 60 и 51 % проб) в количестве 0,005 – 0,03 мг/кг.

При повторном эксперименте кадмий был обнаружен во всех 140 пробах, и по-прежнему наибольшее содержание его (0,01 – 0,18 мг/кг) имело место в мясных продуктах. Для общей оценки количества металла, поступающего в организм человека с пищей, был проведен расчет по минимальной потребительской корзине, установленной законом № 101-ГД «О потребительской корзине в Самарской области» от 05.11.2015 г. [5]. Результаты экспериментов и расчетов представлены в таблице.

Таким образом, результаты экспериментов показали, что наибольшее содержание кадмия приходится на мясопродукты, растительное масло и маргарин, а также хлебобулочные продукты. Расчет по минимальной потребительской корзине указывает, что при существующих нормах потребления продуктов

Количество и предельно-допустимые концентрации кадмия в продуктах минимальной потребительской корзины

Наименование продукта	Объем потребления на чел., кг/год*	ПДК, мг/кг [ 4]	Кол-во Cd, мг/кг**	Кол-во Cd в год, мг
Хлебные продукты	128,9	0,1	0,03	3,867
Картофель	87,8	0,03	0,0001	8,78·10 <sup>-3</sup>
Овощи и бахчевые	121,1	0,03	0,011	1,332
Фрукты свежие	60,0	0,03	0,01	0,6
Сахар и кондитерские изделия	23,8	0,1	0,01	0,238
Мясопродукты	70,0	0,05	0,03	2,1
Рыбопродукты	20,0	0,2	0,08	1,6
Молоко и молокопродукты	258,6	0,03	0,017	4,396
Масло растительное, маргарин	13,0	0,03	0,03	0,39
Прочие продукты (соль, чай, специи)	4,9	-	0,2	0,98
Итого:				15,512

\* Данные рассчитаны по минимальной потребительской корзине.

\*\* Данные столбца определены экспериментально.

наибольшее количество тяжелого металла поступает в организм с молокопродуктами, затем с хлебными изделиями и мясом. За год в организм человека может поступать около 15 мг кадмия, что согласуется с данными [2]. В сутки человек получает примерно 42,5 мкг металла. При этом следует помнить, что многие пищевые продукты не вошли в потребительскую корзину. Кроме того, не учтено попадание кадмия в организм с воздухом и сигаретным дымом. Как можно объяснить отсутствие у людей явной клинической картины хронического отравления кадмием? Возможно, большим сходством с другими заболеваниями (поражение опорно-двигательного аппарата, артериальная гипертония, нарушение функции почек) [1]. Также может возникнуть «привыкание» к кадмию, как и к большинству ядов, в малых дозах длительно поступающих в организм. Его следует рассматривать как состояние временно компенсированной патологии, т.е. высокой готовности к развитию выраженного заболевания.

Литературные данные подтверждают, что хроническое поступление кадмия в организм в форме неорганических солей и связанных с белком форм зачастую является причиной возникновения токсической нефропатии [6]. Поступление в организм даже низких доз дихлорида кадмия в подостром периоде сопровождается изменением механизмов осморегуляции. Тяжелый металл способен преодолевать плацентарный барьер, обладая тератогенным действием, обусловленным нарушением поступления в плод некоторых необходимых элементов (цинка) [7].

В настоящее время кадмий включен в перечень приоритетных химических загрязнителей атмосферы, воздуха жилых и общественных зданий и питьевой воды, представляющих канцерогенную опасность для человека. Кадмий (оксид, сульфат, сульфид, хлорид) относят к группе таких канцерогенов 1-го класса опасности, как асбест и бензапирен [8].

В системе глобального мониторинга, проводимого в рамках Программы ЮНЕП, кадмий включен в перечень приоритетных загрязнителей, подлежащих определению в воздухе, атмосферных осадках, пресных водах, донных отложениях, почве и биоте [9].

Каким образом можно минимизировать влияние данного загрязнителя на человека? Учитывая вышеизложенные сведения, предлагается ряд мероприятий и способов, способствующих уменьшению содержания кадмия в организме:

1. Допустимая суточная доза кадмия, безопасная для здоровья человека, составляет 70 мкг [7] (доза, рассчитанная по содержанию металла в основных продуктах минимальной потребительской корзины, составила 42,5 мкг). Запас по гигиеническим меркам небольшой. Следовательно, необходимо вести тщательный контроль за продуктами питания на предмет содержания кадмия, особенно хлебобулочных

изделий, молоко- и мясопродуктов, растительного масла и семечек.

2. На всасывание тяжелого металла в желудочно-кишечном тракте влияет дефицит макро- и микроэлементов (кальция, железа, цинка), а также дефицит белка. Следовательно, актуальна задача поиска веществ и способов, которые, с одной стороны, способствовали бы детоксикации и выведению кадмия из организма, а с другой – повышали бы сопротивляемость к его воздействию. С этой целью могут использоваться энтеросорбенты, препятствующие всасыванию и абсорбции кадмия кишечником, а также такие вещества, как цинк и селен, обладающие по отношению к кадмию функциональным антагонизмом. Более простым способом выведения из организма тяжелых металлов является употребление в пищу большого количества клетчатки, овощей, сухофруктов. Тогда тяжелые металлы будут оседать в желудочно-кишечном тракте и выводиться оттуда вместе с клетчаткой, не всасываясь.

3. Отказ от курения, в том числе и пассивного, способствует уменьшению количества кадмия, депонируемого в организме.

4. Необходимо проводить мониторинговые обследования почв сельскохозяйственных земель на загрязнение тяжелыми металлами, в том числе кадмием.

5. Соблюдение норм внесения суперфосфатных удобрений при производстве зерновых культур и подсолнечника и перевод сельскохозяйственного производства на естественные способы выращивания продукции снизят содержание кадмия в употребляемых продуктах.

6. Проведение «точечного» мониторинга на объектах, где используется кадмий, и в районах их расположения, с целью выявления главных источников опасности поражения персонала предприятий и проживающего вокруг населения. Особое внимание уделять объектам, где используются устаревшие технологии.

7. Известны предложения по ограничению поступления кадмия в гидросферу со сточными водами путем перевода его в малорастворимые соединения: гидроксиды, сульфиды, фосфаты [8]. Подобные реагентные методы очистки предназначены в основном для сточных вод гальванических производств. Однако представляется более перспективным и экологически эффективным заменить на таких производствах один металл близким по свойствам другим металлом, но менее опасным для окружающей среды и человека. Например, вместо кадмия использовать цинк. ПДК для цинка в атмосферном воздухе на порядок выше, чем у кадмия, и он относится к 3-му классу опасности. Этот опыт внедряется на производствах, вырабатывающих детали для стран с тропическим климатом. Сейчас для придания антикоррозионных свойств применяется технология

их гальванического покрытия цинком, а не кадмием, как это делалось ранее.

**Выводы.** Уровень загрязнения городской среды кадмием высок и постоянно растёт.

Содержание кадмия в воздухе промышленных агломераций должно мониторироваться и быть жестко ограничено в связи с широкими возможностями его применения (особенно в случае близости промзоны к сельскохозяйственным и селитебным территориям), высокой кумулятивной способностью металла, сложностью выведения из организма человека, токсичностью, тератогенным и канцерогенным эффектами.

Не менее жестко должно отслеживаться содержание кадмия в продуктах питания, так как его возможное количество, поступающее ежедневно с пищей, составляет больше половины допустимой суточной дозы.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. URL: <http://my-health.ru/content/322-vozdeystvie-kadmiya-na-organizm-cheloveka> (дата обращения: 30 июля 2017 г.).

2. Айзенштадт В.С., Чуприна Е.В., Игнатъева И.С. Кадмий – супертоксикант окружающей среды // Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды. Самара, 2001. С. 251-252.

3. Чуприна Е.В., Айзенштадт В.С. Перспективные направления защиты человека от поражения кадмием // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: материалы 62-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам / СГАСУ. Самара, 2005. С. 158-160. Ч.2.

4. URL: <http://voc.integral.ru> Онлайн справочник веществ. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух (дата обращения: 6 января 2018 г.).

Об авторах:

#### **ЗАКИРОВА Марина Николаевна**

кандидат химических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: zdmity2@yandex.ru

#### **ЧУПРИНА Елена Владимировна**

доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: zdmity2@yandex.ru

5. Закон Самарской области «О потребительской корзине в Самарской области» № 101-ГД от 05.11.2015 г.

6. Гоженко А.И., Карчаускас В.Ю., Долматов С.И., Долматова Е.А., Пыхтеев Д.М. Функция почек крыс в условиях водной и солевой нагрузки при воздействии дихлорида кадмия // Медицина труда и промышленная экология. 2004. № 8. С. 45-48.

7. Сульдина Т.И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. №1. С. 136-140; URL: <https://journal-nutrition.ru/ru/article/view?id=35727> (дата обращения: 02 августа 2017 г.).

8. Панфилов А.Е. Мониторинг среды обитания // Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности». 2004. № 2. С. 16.

9. Красногорская Н.Н., Пестриков С.В., Лезуис Э.Ф., Сапожникова Е.Н. Анализ эффективности реагентных методов удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод // Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 3. С. 21-23.

#### **ZAKIROVA Marina N.**

PhD in Chemistry, Associate Professor of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: zdmity2@yandex.ru

#### **CHUPRINA Elena V.**

Associate Professor of the Environmental and Hydraulic Engineering Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: zdmity2@yandex.ru

Для цитирования: Закирова М.Н., Чуприна Е.В. Обеспечение экологической безопасности в условиях загрязнения городской среды кадмием // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, №1. С.59-62. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.11. For citation: Zakirova M.N., Chuprina E.V. Ensuring Environmental Safety in the conditions of environmental pollution by cadmium // Urban construction and architecture. 2018. V.8, 1. Pp. 59-62. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.11.