

© ЕРЕМЕЙШВИЛИ А.В., КРЫЛОВА П.П., 2025

Читать  
онлайн  
Read  
online

Еремейшвили А.В., Крылова П.П.

## Содержание тяжёлых металлов в биосубстратах работников нефтехимической промышленности

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова», 150003, Ярославль, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Ярославская область входит в число наиболее развитых в промышленном отношении регионов страны. Одной из ведущих отраслей является нефтехимическая промышленность, которая вносит значимый вклад в загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами. Микроэлементы тяжёлых металлов способны к биоаккумуляции в организме человека, что может крайне негативно сказываться на здоровье работников нефтеперерабатывающего завода.

**Цель исследования** — изучить особенности накопления тяжёлых металлов в объектах окружающей среды и биосубстратах работников нефтехимической промышленности Ярославской области для экологического мониторинга содержания тяжёлых металлов.

**Материалы и методы.** В исследуемую группу были включены 50 работников нефтехимической промышленности Ярославля. Методом инверсионной вольтамперометрии было определено содержание в пробах волос и почве цинка, кадмия, свинца и меди. Статистическая обработка полученных данных выполнена в программах Attestat и Microsoft Excel 2003. Рассчитывали критерий Манна — Уитни и t-критерий Стьюдента. Статистически значимыми различия признавали при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Было установлено, что средние концентрации всех рассматриваемых элементов в биосубстратах работников превышали референтные значения. Получены достоверные различия содержания цинка, кадмия и меди в биосубстратах офисных и цеховых сотрудников. Также выявлено повышение концентраций вышеуказанных металлов по мере увеличения трудового стажа работников на данном предприятии. Содержание тяжёлых металлов в почве оценивали по двум показателям. Все исследованные пробы почвы имели очень высокое загрязнение. По суммарному показателю загрязнения при сравнении с ПДК с учётом типа почвы превышений не выявлено.

**Ограничения исследования.** Название предприятия, на базе которого был собран материал, не будет фигурировать в материалах работы, так как представители компании не давали официального разрешения на оглашение результатов исследования с привязкой к названию конкретного завода. Кроме того, для обоснования результатов исследования были использованы данные, составляющие коммерческую тайну. Коммерческая тайна охраняется законом «О коммерческой тайне» от 29.07.2004 г. № 98-ФЗ.

**Заключение.** Нефтехимическая отрасль вносит определённый вклад в загрязнение окружающей среды, что может неблагоприятно влиять на здоровье работников.

**Ключевые слова:** тяжёлые металлы; микроэлементы; цинк; кадмий; свинец; медь; здоровье; нефтехимическая промышленность; окружающая среда; биосубстраты; почва

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требовало представления заключения комитета по биомедицинской этике, было проведено при наличии добровольного информированного согласия работников и с разрешения администрации нефтехимического предприятия.

**Для цитирования:** Еремейшвили А.В., Крылова П.П. Содержание тяжёлых металлов в биосубстратах работников нефтехимической промышленности. Гигиена и санитария. 2025; 104(5): 568–571. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-5-568-571> <https://elibrary.ru/qlawlf>

**Для корреспонденции:** Еремейшвили Автандил Владимирович, e-mail: ave@bio.uniyar.ac.ru

**Участие авторов:** Крылова П.П. — сбор материала и обработка данных, статистическая обработка, написание текста; Еремейшвили А.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

**Финансирование.** Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 21.01.2025 / Поступила после доработки: 21.02.2025 / Принята к печати: 26.03.2025 / Опубликовано: 27.06.2025

Avtandil V. Eremeyshvili, Polina P. Krylova

## Influence of occupational factors on the content of heavy metals in biosubstrates of petrochemical industry workers

P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, 150003, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** The Yaroslavl region is one of the most industrially developed regions of the country. One of the leading industries is the petrochemical industry. This industry makes a significant contribution to the pollution of the environment with heavy metals. Microelements of heavy metals are capable of bioaccumulation in the human body, which can have an extremely negative impact on the health of oil refinery workers.

**The purpose of the study** is to study the features of the content of heavy metals in environmental objects and in the biosubstrates in workers in the petrochemical industry of the Yaroslavl region.

**Materials and methods.** This study is experimental. The study group included fifty workers of the petrochemical industry of Yaroslavl. The content of such elements as zinc, cadmium, lead, and copper in hair samples and soil was determined using the method of inversion voltammetry. Statistical processing of the obtained data was performed using the Attestat and Microsoft Excel 2003 software. The Mann-Whitney criterion and Student's t-criterion were calculated. Statistically significant differences were recognized at  $p < 0.05$ .

**Results.** We determined that the average concentrations of all the elements under consideration in the workers' biosubstrates exceed the reference values. Reliable differences in the content of the metals under consideration (zinc, cadmium, copper) were obtained in the biosubstrates of office and shop floor employees. An increase in the concentration of the above-mentioned metals was also revealed as the length of service at the enterprise increased. The content of heavy metals in the soil was evaluated by two indicators: according to the total soil pollution indicator, all the samples under consideration are classified as very highly polluted; no excesses were found when compared with the maximum permissible concentrations taking into account the soil type.

**Limitations.** The name of the enterprise on the basis of which the material was collected will not appear in the materials of the work, since representatives of this company did not give official permission to announce the results of the study with reference to the name of a specific plant. In addition, data constituting a commercial secret were used to substantiate the results of the study. Commercial secrets are protected by the law "On Commercial Secrets" dated 29.07.2004 No. 98-Federal Law.

**Conclusion.** The petrochemical industry makes a certain contribution to environmental pollution, which may adversely affect the health of workers at the enterprise under study.

**Keywords:** heavy metals; trace elements; zinc; cadmium; lead; copper; health; petrochemical industry; environment; biosubstrates; soil

**Compliance with ethical standards.** The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

**For citation:** Ereymeyshvili A.V., Krylova P.P. Influence of occupational factors on the content of heavy metals in biosubstrates in petrochemical industry workers. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2025; 104(5): 568–571. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-5-568-571> <https://elibrary.ru/qlawlf> (In Russ.)

**For correspondence:** Avtandil V. Ereymeyshvili. E-mail: ave@bio.uniyar.ac.ru

**Contribution:** Krylova P.P. — collection and processing of material, statistical processing, writing a text; Ereymeyshvili A.V. — the concept and design of the study, writing a text, editing, approval of the manuscript final version, responsible for the integrity of all parts of the manuscript. 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 study had no sponsorship.

Received: January 21, 2025 / Revised: February 21, 2025 / Accepted: March 26, 2025 / Published: June 27, 2025

## Введение

Развитие техносферы связано с ухудшением экологической обстановки, что в дальнейшем может приводить к росту заболеваемости. Россия обладает колоссальными запасами нефти и входит в число стран-лидеров по её добыче и переработке. Из-за отсутствия должной эффективности альтернативных источников энергии переработка нефти в настоящее время переживает значительный подъём, соответственно нефть является одним из основных загрязнителей окружающей среды. Ярославская область входит в число наиболее развитых в промышленном отношении регионов страны. Одной из ведущих отраслей является нефтехимическая промышленность. При добыче, транспортировке и переработке нефти возможны загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами и их биоаккумуляция в организме человека. Данные элементы могут крайне негативно сказываться на здоровье работников нефтехимической промышленности, находящихся в непосредственном контакте с нефтью, например, при её аварийных разливах или при обслуживании оборудования. Загрязнение тяжёлыми металлами окружающей среды может негативно сказаться не только на людях, задействованных непосредственно в производстве, но и на работающих в офисах завода или проживающих в районе расположения завода. Из вышесказанного можно сделать вывод об актуальности и важности экологического мониторинга содержания тяжёлых металлов в биосубстратах работников, задействованных на предприятиях нефтехимической отрасли.

## Материалы и методы

Исследование является поперечным, проведено в 2021–2023 гг. В исследуемую группу были включены 50 работников одного нефтехимического предприятия Ярославля. В дальнейшем выборка была разделена по таким критериям, как род профессиональной деятельности на предприятии и стаж работы. Всего были обследованы 24 офисных сотрудника и 26 работников цехов. Выборка была разделена по стажу работы: до 10 лет и более 10 лет. В качестве биосубстратов использовали волосы, поскольку именно в волосах можно изучать процессы, долговременно протекающие в организме [1]. Для оценки содержания тяжёлых металлов в биосубстратах применяли референтные интервалы Скального [2]. Методом инверсионной вольтамперметрии на анализаторе АКВ-07МК было определено содержание в пробах волос цинка, кадмия, свинца и меди. Статистическую обработку полученных данных выполняли при помощи программ Attestat и Microsoft Excel 2016. Рассчитывали  $U$ -критерий Манна – Уитни и  $t$ -критерий Стьюдента, а также некоторые

статистические показатели: среднее арифметическое ( $M$ ), стандартную ошибку ( $m$ ), медиану ( $Me$ ), квартиль 25–75% ( $Q_{25}–Q_{75}$ ), минимальное ( $Min$ ) и максимальное ( $Max$ ) значения. Проверку нормальности распределения значений выполняли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Статистические различия считали достоверными при  $p < 0.05$ .

## Результаты

В ходе исследования было выявлено, что содержание тяжёлых металлов (Cd, Cu, Pb, Zn) в биосубстратах цеховых сотрудников было достоверно выше, чем офисных (см. таблицу). Наибольшее превышение референтных интервалов среди рассматриваемых элементов было зафиксировано у кадмия ( $Max = 2,981$  мг/кг), которое в 24 раза выше нормы ( $0,02–0,12$  мг/кг). Значения медианы кадмия превышали норму в обеих группах в среднем в 3–4 раза, у сотрудников офиса медиана кадмия составляла  $0,322$  мг/кг, у сотрудников цеха –  $0,485$  мг/кг. Содержание меди в биосубстратах цеховых работников ( $Me = 28,704$  мг/кг) в два раза превышало физиологическую норму ( $9–14$  мг/кг), у офисных рабочих превышение составило 7% от верхней границы нормы. Содержание цинка ( $Me = 211,161$  мг/кг) у офисных работников было на границе нормы и незначительно выходило за пределы референтных интервалов ( $155–206$  мг/кг), превышение составляло  $\approx 3\%$ . Содержание того же элемента в биосубстратах цеховых работников также превышало норму, но уже на 16% ( $Me = 239,384$  мг/кг). В обеих сравниваемых группах наблюдаются единичные случаи дефицита данного элемента у рабочих ( $Min = 38,702$  мг/кг). Содержание свинца в биосубстратах цеховых рабочих составляло  $1,859$  мг/кг, что является превышением  $\approx 30\%$ , в то время как у сотрудников офиса превышений не выявлено.

В дальнейшем выборка была разделена на две группы по стажу работы: до 10 лет и более 10 лет соответственно (см. таблицу). При анализе медианы содержания исследуемых элементов в группе со стажем до 10 лет значительных превышений не наблюдалось. Значения медианы цинка ( $Me = 200,551$  мг/кг) и свинца ( $1,113$  мг/кг) входили в пределы биологического референтного интервала, отмечалось небольшое превышение содержания меди ( $Me = 14,954$  мг/кг)  $\approx 7\%$  нормы ( $9–14$  мг/кг). Содержание кадмия ( $Me = 0,155$  мг/кг) в биосубстратах превышало норму ( $0,02–0,12$ ) приблизительно на 30%, а если учитывать средние значения ( $M \pm m = 0,432 \pm 0,133$  мг/кг), то превышение составило 3,5 раза. В процессе изучения группы рабочих со стажем более 10 лет наблюдался более выраженный избыток микроэлементов в биосубстратах, особенно это заметно на примере кадмия ( $Me = 0,5485$  мг/кг). Концентрация Cd в волосах превышала референтные значения ( $0,02–0,12$  мг/кг) практически

# Содержание тяжёлых металлов (мг/кг) в волосах сотрудников нефтехимического предприятия в зависимости от профессии и стажа работы

The content of heavy metals (mg/kg) in the hair of employees of a petrochemical enterprise, depending on the occupational and work experience

| Микроэлемент<br>Microelement | Показатель<br>Index              | Сотрудники офиса<br>Office employees | Сотрудники цехов<br>Utilities workers | Стаж работы, лет / Work experience, years |                         | Референтные значения<br>Reference values |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|
|                              |                                  |                                      |                                       | до 10 / up to 10                          | более 10 / more than 10 |                                          |
| Zn                           | $M \pm m$                        | 202.342 $\pm$ 19.883*                | 362.557 $\pm$ 60.016                  | 200.551 $\pm$ 16.269*                     | 377.849 $\pm$ 64.767    | 155–206                                  |
|                              | <i>Me</i>                        | 211.161                              | 239.384                               | 202.435                                   | 257.682                 | —                                        |
|                              | Q <sub>25</sub> –Q <sub>75</sub> | 117.395–272.052                      | 202.028–356.78                        | 143.126–242.05                            | 211.161–379.425         | —                                        |
|                              | Min                              | 38.702                               | 75.501                                | 38.702                                    | 72.501                  | —                                        |
|                              | Max                              | 380.209                              | 1178.328                              | 386.071                                   | 1178.328                | —                                        |
| Cd                           | $M \pm m$                        | 0.367 $\pm$ 0.079 *                  | 1.04 $\pm$ 0.19                       | 0.432 $\pm$ 0.133*                        | 0.993 $\pm$ 0.174       | 0.02–0.12                                |
|                              | <i>Me</i>                        | 0.322                                | 0.485                                 | 0.155                                     | 0.5485                  | —                                        |
|                              | Q <sub>25</sub> –Q <sub>75</sub> | 0.068–0.457                          | 0.189–1.918                           | 0.083–0.419                               | 0.34–1.863              | —                                        |
|                              | Min                              | 0.001                                | 0.03                                  | 0.001                                     | 0.026                   | —                                        |
|                              | Max                              | 1.379                                | 2.981                                 | 2.981                                     | 2.656                   | —                                        |
| Pb                           | $M \pm m$                        | 1.248 $\pm$ 0.283 *                  | 2.07 $\pm$ 0.277                      | 1.113 $\pm$ 0.197*                        | 2.286 $\pm$ 0.331       | 0.38–1.4                                 |
|                              | <i>Me</i>                        | 1.091                                | 1.859                                 | 0.987                                     | 1.93                    | —                                        |
|                              | Q <sub>25</sub> –Q <sub>75</sub> | 0.117–1.559                          | 1.061–2.762                           | 0.475–1.721                               | 1.301–3.008             | —                                        |
|                              | Min                              | 0.018                                | 0.157                                 | 0.018                                     | 0.032                   | —                                        |
|                              | Max                              | 6.48                                 | 6.011                                 | 4.51                                      | 6.48                    | —                                        |
| Cu                           | $M \pm m$                        | 16.461 $\pm$ 1.9 *                   | 29.547 $\pm$ 3.475                    | 16.247 $\pm$ 1.9*                         | 30.869 $\pm$ 3.552      | 9–14                                     |
|                              | <i>Me</i>                        | 15.101                               | 28.704                                | 14.954                                    | 26.443                  | —                                        |
|                              | Q <sub>25</sub> –Q <sub>75</sub> | 10.745–23.157                        | 22.448–38.874                         | 8.945–23.197                              | 16.76–40.462            | —                                        |
|                              | Min                              | 2.339                                | 5.634                                 | 2.339                                     | 5.634                   | —                                        |
|                              | Max                              | 41.94                                | 67.306                                | 37.54                                     | 67.306                  | —                                        |

Примечание. \* – статистическая значимость  $p < 0,05$ ;  $M$  – среднее арифметическое;  $m$  – стандартная ошибка;  $Me$  – медиана; Q<sub>25</sub>–Q<sub>75</sub> – квартиль 25–75%; Min – минимальное значение; Max – максимальное значение.

Note: \* – statistical significance  $p < 0.05$ ;  $M$  – arithmetic mean;  $m$  – standard error;  $Me$  – median; Q<sub>25</sub>–Q<sub>75</sub> – 25–75% quartile; Min – minimum value; Max – maximum value.

в пять раз, также при сравнении групп со стажем до 10 лет и более 10 лет наблюдалась разница в 3,5 раза, и большее накопление было зафиксировано у рабочих с более продолжительным трудовым стажем. На фоне других элементов выделялась также медь, её содержание в биосубстратах сотрудников со стажем более 10 лет ( $Me = 26,443$  мг/кг) было выше верхней границы нормы в два раза и в 3,5 раза больше, чем у сотрудников с меньшим стажем ( $Me = 14,954$  мг/кг). Содержание свинца выше нормы на 37% наблюдалось у работников, задействованных на производстве более 10 лет. Также в данной группе накопление исследуемого атомовита было в два раза больше по сравнению с группой с меньшим трудовым стажем. Медиана концентрации цинка в группе с более длительным стажем составляла 257,682 мг/кг, что выше нормы на 25%. При этом во второй сравниваемой группе медиана цинка составляла 202,435 мг/кг и находилась в пределах референтных значений.

## Обсуждение

В группе цеховых сотрудников отмечено более высокое содержание всех исследуемых элементов по сравнению с группой офисных сотрудников (см. таблицу). Работники цеха находились в непосредственной близости от установок и контактировали с нефтью и её парами во время ремонтных работ, при аварийных разливах, отборе проб на соответствие критериям качества. К офисным сотрудникам относились преимущественно инженеры, работавшие с чертежами и расчётами различных показателей без непосредственного контакта с нефтью.

Получены достоверные различия содержания меди в биосубстратах между офисными и цеховыми сотрудниками. Известно, что при промышленном получении этилена в качестве катализатора используют медь, которая при реакциях расходуется не полностью и может попадать в окружающую среду [3]. Затем данный элемент может поступать аэрозольно-ингаляционным путём в организм, где и происходит его биоаккумуляция. Ещё один возможный источник поступления меди – использование наночастиц Cu в реакциях гидрирования. А процесс гидрирования непредельных углеводородов – один из главных в нефтехимии [4].

Превышения референтных значений кадмия можно объяснить его содержанием в мазуте, дизельном топливе и распространением при эксплуатации и обслуживании мазутохранилищ [5]. Данные литературы свидетельствуют о содержании кадмия в выбросах нефтеперерабатывающих заводов [6].

Содержание свинца выходило за пределы референтных значений в биосубстратах группы цеховых сотрудников ( $2,07 \pm 0,277$ ), что превышало норму практически в два раза. В группе офисных сотрудников среднее значение содержания свинца находилось в пределах референтных интервалов, но практически на границе нормы. Свинец содержится во всех фракциях нефти, но концентрируется в маслах [7]. Вероятнее всего, эти два фактора играют важную роль в загрязнении окружающей среды данным элементом и его накоплении в организме. Концентрации свинца в выборках цеховых и офисных сотрудников различались недостоверно.

Содержание цинка в биосубстратах сотрудников офиса составляло  $202,342 \pm 19,883$  и находилось в пределах нормы,

но приближалось к верхней границе референтных значений. У сотрудников цеха концентрация цинка в биосубстратах составляла  $362,557 \pm 60,016$ , что превышало референтные значения ( $\approx 75\%$ ) [2]. Поступление цинка в организм человека может быть связано с использованием соединений Zn, а именно его хлоридов, в качестве присадок для подавления коррозии при хранении нефтепродуктов [8]. Содержание цинка в выборках различается достоверно.

Во всех выборках регистрировались единичные случаи пониженного содержания таких эссенциальных элементов, как цинк и медь, что может объясняться эндогенным антагонистическим взаимодействием со свинцом и кадмием: содержание цинка и меди ниже референтных интервалов может наблюдаться при высоком содержании хотя бы одного из элементов — свинца или кадмия. Поскольку на содержание тяжёлых металлов в организме работников предприятия могут также влиять табачокурение и наличие оживлённой автомагистрали вблизи предприятия, следует рассматривать наряду с производственными факторами ещё как минимум два дополнительных источника. По литературным данным, все исследуемые элементы присутствуют в твёрдой фазе сигаретного дыма и накапливаются в организме при активном и пассивном курении. Из представленных атомов в сигаретах содержатся в наибольших концентрациях кадмий и свинец, в меньшем количестве — цинк и медь, однако свинец может накапливаться в листьях табака и при использовании свинецсодержащих инсектицидов [9].

В продолжение исследования оценивали степень возможного влияния автомагистрали для определения источника приоритетного воздействия: производство или автомагистраль. Курение не давало весомого вклада в данном исследовании, поскольку лишь немногие рабочие были

привержены этой привычке. Большая часть газовых выбросов от автотранспорта оседает в непосредственной близости от дорог, меньшая может распространяться на расстояние до 200 м от полотна дороги [10]. Изучение карт показало, что среднее расстояние до промышленных территорий объекта исследования было более 200 м, следовательно, влияние автотранспорта можно оценить как меньшее по сравнению с вкладом предприятия.

## Заключение

В соответствии с задачами исследования были изучены особенности содержания тяжёлых металлов в биосубстратах работников нефтехимической промышленности Ярославской области. По медианам концентраций исследуемых элементов в пределах референтных интервалов находился только свинец в выборках офисных сотрудников и лиц со стажем до 10 лет, содержание остальных элементов в биосубстратах не превышало физиологической нормы. С учётом разделения выборки на офисных и цеховых сотрудников были получены достоверные различия в содержании цинка, кадмия и меди. Концентрация свинца различалась в выборках недостоверно. При разделении испытуемых по стажу работы была выявлена зависимость повышения концентраций тяжёлых металлов от увеличения стажа работы. При таком разделении достоверные различия были получены для цинка, кадмия, свинца и меди.

В результате исследования подтверждён значительный вклад предприятия нефтехимической отрасли в загрязнение окружающей среды, его негативное влияние на здоровье работников, поэтому на профильных предприятиях необходимо проводить ежегодный мониторинг содержания тяжёлых металлов.

## Литература

1. Большой Д.В., Пыхтеева Е.Г. Методика отбора биологических сред и образцов для элементного анализа. *Медицина неотложных состояний*. 2014; (4): 45–7. <https://elibrary.ru/tjwzsb>
2. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО центр биотехнологической медицины). *Микроэлементы в медицине*. 2003; 4(1): 55–6. <https://elibrary.ru/nrascj>
3. Трегер Ю.А., Розанов В.Н., Соколова С.В., Мурасева О.П. Получение этилена и пропилена из природного газа через промежуточный синтез хлористого метила и последующий его каталитический пиролиз. *Катализ в промышленности*. 2012; (3): 15–20. <https://elibrary.ru/pbqcaz>
4. Митина Е.Г., Филимонов Н.С., Шафигулин Р.В. Исследование каталитической активности наночастиц меди в реакции гидрирования гексина-1. *Вестник Самарского государственного университета. Естественно-научная серия*. 2015; (10): 151–9. <https://elibrary.ru/vjinun>
5. Чибисова Н.В., Долгань Е.К. *Экологическая химия: Учебное пособие*. Калининград; 1998.
6. Экоотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. *Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал*. 2000; (4): 828. <https://elibrary.ru/invylf>
7. Батуева И.Ю., Гайле А.А., Поконова Ю.В. *Химия нефти*. Л.: Химия; 1984.
8. Поletaева О.Ю., Мовсум-Заде Н.Ч., Бабаев Э.Р. Антикоррозийные присадки для транспорта, хранения, эксплуатации нефтепродуктов. *Химические реагенты и технологии*. 2014; (1): 34–6. <https://elibrary.ru/sghlvi>
9. Авцын А.П. *Микроэлементозы человека*. М.; 1991.
10. Лёвкин Н.Д., Лазеба А.В. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами зоны движения автотранспорта. *Известия ТулГУ. Науки о Земле*. 2016; (1): 53–60. <https://elibrary.ru/vtfvdp>

## References

1. Bolshoy D.V., Pykhteyeva Ye.G. Technique for selection of biological media and samples for elemental analysis. *Meditsina neotlozhnykh sostoyanii*. 2014; (4): 45–7. <https://elibrary.ru/tjwzsb> (in Russian)
2. Skalny A.V. Obtaining ethylene and propylene from natural gas through intermediate synthesis of methyl chloride and its subsequent catalytic pyrolysis. *Mikroelementy v meditsine*. 2003; 4(1): 55–6. <https://elibrary.ru/nrascj> (in Russian)
3. Treger Yu.A., Rozanov V.N., Sokolova S.V., Murasheva O.P. Proceeding of ethylene and propylene from natural gas via the intermediate synthesis of methyl chloride and its subsequent catalytic pyrolysis. *Kataliz v promyshlennosti*. 2012; (3): 15–20. <https://elibrary.ru/pbqcaz> (in Russian)
4. Mitina E.G., Filimonov N.S., Shafigulin R.V., Bulanov A.V., Shishkovsky I.V., Morozov Y.G. The study of catalytic activity of copper nanoparticles in the reaction of hydrogenation of hexyne-1. *Estestvennonauchnaya seriya*. 2015; (10): 151–9. <https://elibrary.ru/vjinun> (in Russian)
5. Chibisova N.V., Dolgan' E.K. *Ecological Chemistry: A Textbook [Ekologicheskaya khimiya: Uchebnoe posobie]*. Kaliningrad; 1998. (in Russian)
6. Ecotoxicological aspects of soil pollution by heavy metals. *Ekologicheskaya bezopasnost' v APK. Referativnyi zhurnal*. 2000; (4): 828. <https://elibrary.ru/invylf> (in Russian)
7. Batueva I.Yu., Gaile A.A., Pokonova Yu.V. *Chemistry of Petroleum [Kimiya nefiti]*. Leningrad: Khimiya; 1984. (in Russian)
8. Poletaeva O.Yu., Movsumzade N.Ch., Babaev E.R. Anticorrosion additives for transportation, storage and operation of oil products. *Khimicheskie reagenty i tekhnologii*. 2014; (1): 34–6. <https://elibrary.ru/sghlvi> (in Russian)
9. Avtsyn A.P. *Human Microelementoses [Mikroelementozy cheloveka]*. Moscow; 1991. (in Russian)
10. Lyevekin N.D., Lazeba A.V. Spread of heavy metals in traffic area. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle*. 2016; (1): 53–60. <https://elibrary.ru/vtfvdp> (in Russian)

## Сведения об авторах

**Еремейшвили Автандил Владимирович**, канд. биол. наук, доцент, зав. каф. морфологии ЯрГУ им. П.Г. Демидова, 150057, Ярославль, Россия. E-mail: ave@bio.uniyar.ac.ru  
**Крылова Полина Петровна**, студентка 1-го курса магистратуры по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование ЯрГУ им. П.Г. Демидова, 150057, Ярославль, Россия. E-mail: morphol@mail.ru

## Information about the authors

**Avtandil V. Ereimeyshvili**, PhD (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Morphology, P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, 150057, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3509-4241> E-mail: ave@bio.uniyar.ac.ru  
**Polina P. Krylova**, 1<sup>st</sup> year master's student in the field of study 05.04.06 Ecology and Nature Management, P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, 150057, Russian Federation E-mail: morphol@mail.ru