

Научная статья  
УДК 330.524:669.3  
DOI 10.35266/2312-3419-2023-2-31-37

## АНАЛИЗ ДОЛГОСРОЧНОЙ ДИНАМИКИ ЗАПАСОВ МЕДИ В ЭКОНОМИКЕ США

Антон Андреевич Емельянов<sup>1</sup>, Наталья Рэмовна Кельчевская<sup>2</sup>,  
Ксения Андреевна Попова<sup>3</sup>, Ирина Сергеевна Пельымская<sup>4</sup>✉

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> emelyanov.anton@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0003-1119-9687>

<sup>2</sup> n.r.kelchevskaya@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7278-026X>

<sup>3</sup> k.a.popova@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8871-9460>

<sup>4</sup> i.s.pelymskaya@urfu.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0003-3624-2506>

**Аннотация.** В статье проведен анализ накопленного уровня запасов меди в составе готовых изделий в экономике США (copper-in-stock) за период с 1900 по 2017 гг. Анализ дополнен оценкой внешней торговли медью в составе готовых изделий. Это позволяет получить более объективную оценку запасов меди в экономике США. Полученные результаты указывают на рост удельных (на человека) запасов меди в экономике США, а также дают оценку потенциальных ресурсов меди с позиции экономики замкнутого цикла. В статье делается вывод, что в условиях широкого распространения глобальных цепочек добавленной стоимости анализ потребления металлов должен дополняться анализом движения металлов во внешней торговле в составе готовых изделий. Это позволит получить более объективную оценку запасов металлов в экономике для определения потенциала рециклинга.

**Ключевые слова:** экономика замкнутого цикла, металлоемкость экономики, запасы меди в экономике США, потребление меди в США, постиндустриальная экономика

**Для цитирования:** Емельянов А. А., Кельчевская Н. Р., Попова К. А., Пельымская И. С. Анализ долгосрочной динамики запасов меди в экономике США // Вестник Сургутского государственного университета. 2023. Т. 11, № 2. С. 31–37. DOI 10.35266/2312-3419-2023-2-31-37.

Original article

## ANALYSIS OF LONG-TERM DYNAMICS OF COPPER-IN-STOCK IN THE US ECONOMY

Anton A. Emelyanov<sup>1</sup>, Natalya R. Kelchevskaya<sup>2</sup>, Kseniya A. Popova<sup>3</sup>, Irina S. Pelymskaya<sup>4</sup>✉

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,

Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> emelyanov.anton@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0003-1119-9687>

<sup>2</sup> n.r.kelchevskaya@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7278-026X>

<sup>3</sup> k.a.popova@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8871-9460>

<sup>4</sup> i.s.pelymskaya@urfu.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0003-3624-2506>

**Abstract.** The article analyzes the amount of copper-in-stock as a part of finished articles in the US economy from 1900 to 2017. In addition, an assessment of the external trade of copper as a part of finished articles is conducted. All of that allows collecting a non-biased assessment of copper-in-stock in the US economy. The results obtained demonstrate an increase in specific (per capita) copper-in-stock in the US economy and an assessment of potential copper resources in terms of the circular economy. The authors conclude that an analysis of copper consumption should be accompanied by an analysis of copper as a part of finished articles

movement in the external trade during the global value chain spread. That strategy will provide a more non-biased assessment of copper-in-stock in the economy in order to determine its recycling potential.

**Keywords:** circular economy, copper intensity in economy, copper-in-stock in the US economy, copper consumption in the US, postindustrial economy

**For citation:** Emelyanov A. A., Kelchevskaya N. R., Popova K. A., Pelymskaya I. S. Analysis of long-term dynamics of copper-in-stock in the US economy. *Surgut State University Journal*. 2023;11(2):31–37. DOI 10.35266/2312-3419-2023-2-31-37.

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы соотношения потребления материальных ресурсов и экономического роста, повторного использования материальных ресурсов в контексте устойчивого развития экономики неизменно остаются актуальными, начиная с последней четверти XX в. Возникновение и развитие концепции экономики замкнутого цикла и повсеместное распространение принципов устойчивого развития повышают актуальность исследования этих вопросов в особенности для постиндустриальных экономик.

Принято считать, что в отличие от индустриального общества экономический рост и экономическое развитие в постиндустриальной экономике не требует и не зависит от объема производства материальных ресурсов, поскольку происходит дематериализация экономики [1–3]. Однако существуют и альтернативные оценки, указывающие на причину дематериализации, как на результат международного разделения труда [4].

Вопрос потребления и потенциальных источников материальных ресурсов для рециклинга в рамках постиндустриальной экономики представляет интерес как с практической, так и с теоретической точки зрения.

В рамках данной статьи мы хотели бы оценить динамику запасов меди в постиндустриальной экономике и тех изменений, которые с ними происходят в долгосрочном периоде на примере потребления меди в США.

Аналізу долгосрочных тенденций такого потребления посвящены работы «Анализ потоков меди в США с 1975 по 2012 гг.» [5], «Анализ количества и средний возраст запасов меди в продукции в США с 1985 по 2014 гг.» [6] и «Запасы и потоки меди

в США: анализ цикла оборота за период 1970–2015 гг. и потенциала повышения извлечения» [7]. При всех достоинствах указанных работ они, на наш взгляд, не в полной мере учитывают сальдо внешней торговли медью в готовой продукции. Однако с учетом развития глобальных цепочек добавленной стоимости, в рамках которых производится подавляющая часть продукции современной обрабатывающей промышленности [8], анализ движения меди в составе готовой продукции представляется необходимой частью анализа потребления меди в постиндустриальной экономике.

Настоящей работой мы хотели бы восполнить этот пробел. Таким образом, основной целью нашего исследования является анализ динамики абсолютного и удельного уровня запасов меди в экономике США в период с 1900 по 2017 гг., дополненный анализом внешней торговли медью в готовых изделиях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Центральным в нашем анализе является показатель запаса меди в составе готовых изделий в экономике (copper-in-stock). Этот показатель отражает количество меди в составе готовых изделий, которое находится в непосредственном использовании в экономике.

Накопленный уровень запасов (copper-in-stock) ( $S$ ) может быть определен, как разница между накопленным потреблением меди за анализируемый период и накопленным объемом меди в изделиях, утративших свои потребительские свойства ( $A$ ). Уровень запасов меди в продукции ( $S$ ) может быть представлен выражением (1), объем меди в изделиях, потерявших потребительские свойства ( $A$ ) выражением (2).

$$S_Y = \sum_i^Y U_i - \sum_i^Y A_i, \quad (1)$$

где  $S_Y$  – накопленный объем запасов меди в медьсодержащей продукции в расчетном году  $Y$ ;

$U_i$  – объем видимого потребления меди в  $i$ -году;

$A_i$  – объем меди в изделиях, потерявших свои потребительские свойства в  $i$ -году.

$$A_Y = \sum_{i=Y-n}^Y U_i \left[ \Phi \left( Y, L, \frac{L}{4} \right) \right], \quad (2)$$

где  $A_Y$  – объем меди в изделиях, потерявших свои потребительские свойства, в расчетном году  $Y$ ;

$U_i$  – объем потребления меди в  $i$ -году;

$L$  – средний срок службы медьсодержащих изделий;

$\Phi$  – значение функции нормального распределения для расчетного года  $Y$  с параметрами распределения  $L$  (среднее значение) и  $\frac{L}{4}$  (стандартное отклонение).

Для моделирования объема меди в изделиях, потерявших свои потребительские свойства ( $A$ ), видимое потребление США для каждого  $i$ -года ( $U_i$ ) было разделено на пять основных секторов применения меди, отличающихся сроком жизни изделий: строительство, электрическая и электронная продукция, промышленное оборудование, транспорт, прочая продукция (включая боеприпасы). Структура видимого потребления меди, а также средний срок службы медьсодержащих изделий были приняты на основе анализа работ [5, 8, 9] и представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Структура видимого потребления меди и средний срок службы медьсодержащих изделий**

Период	Строительство	Электрическая и электронная продукция	Промышленное оборудование	Транспорт	Прочие изделия
Структура видимого потребления меди, %					
1900–1929 гг.	32	26	17	15	10
1930–1959 гг.	31	26	16	17	10
1960–1979 гг.	32	26	16	14	12
1980–1999 гг.	40	25	13	12	10
2000–2017 гг.	48	21	9	11	11
Средний срок службы, годы	70	10	20	10	10

Примечание: составлено по [5, 8, 9, 10].

Уровень видимого потребления меди в США был дополнен движением меди в составе внешней торговли медьсодержащей продукцией. Учет меди в готовой продукции влечет за собой ряд трудностей методического характера, однако вполне выполним. Подходы к определению веса меди в составе готовых изделий были подробно изложены в работе [11]. Исходными данными по объемам экспорта и импорта медьсодержащих изделий в США послужила база международной торговли ООН (UN Comtrade) [12].

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Накопленный объем запасов меди в изделиях в экономике США составил 74,7 млн т меди на 2017 г., исходя из полученных

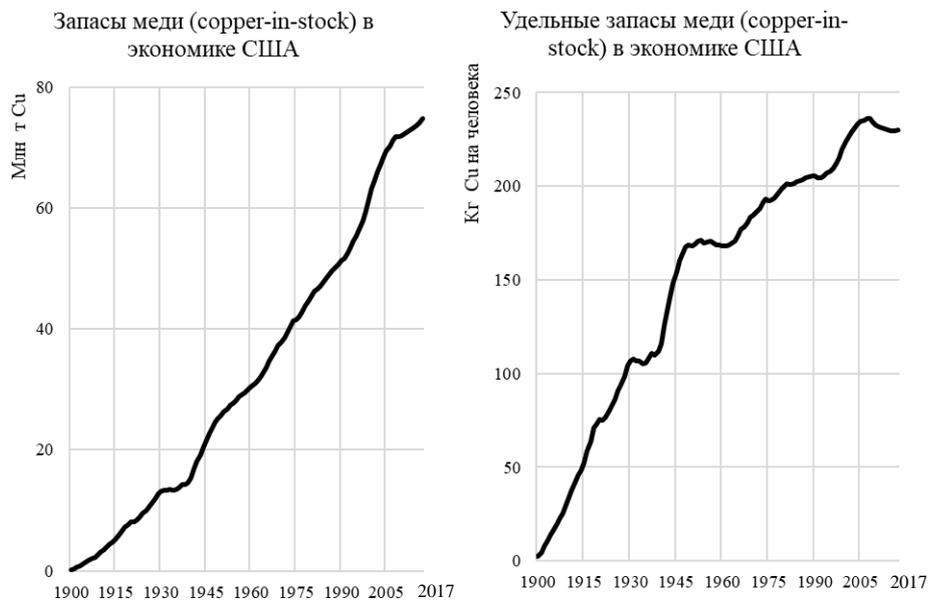
результатов моделирования. Полученная оценка не противоречит и сопоставима с данными, приводимыми Международной Ассоциацией Меди (*International Copper Association*), для Северной Америки (включает США и Канаду). По состоянию на 2020 г. суммарный объем запаса меди в готовых изделиях в экономиках США и Канады составил 85,8 млн т [13].

На рис. 1 представлены графики абсолютных и удельных накопленных запасов меди в изделиях в экономике США с 1900 по 2017 гг.

Если рассмотреть динамику абсолютного уровня запасов меди в экономике США (*copper-in-stock*), то можно сделать заключение, что она линейно возрастает на протяже-

нии всего исследуемого периода. Переход к постиндустриальным моделям развития экономики не приводит к какому-либо сокращению абсолютных темпов прироста запасов меди в изделиях, что было бы логичным в рамках процесса дематериализации постиндустриальной экономики. Наоборот,

после 1975 г. происходит ускорение темпов прироста запасов меди в экономике США. Так, если в период с 1900 по 1975 гг. среднегодовой абсолютный прирост накопленного объема запасов меди в изделиях составлял 0,55 млн т Cu в год, то в период с 1975 по 2017 гг. он составил 0,79 млн т Cu в год.



**Рис. 1. Накопленные запасы меди в изделиях в экономике США с 1900 по 2017 гг.**  
*Примечание:* составлено авторами на основании данных, полученных в исследовании.

Относительный (на человека) уровень запасов меди в изделиях в США, также характеризовался устойчивой положительной динамикой на протяжении анализируемого периода. Рост удельного уровня запасов меди чередовался сохранением на определенных уровнях, по всей видимости, характеризующих материальное благосостояние общества на определенном этапе развития. Так, в период с 1900 по 1930 гг. наблюдался непрерывный рост запасов меди в изделиях до уровня 106 кг Cu на человека, который сохранялся до начала 1940-х гг. Следующий этап непрерывного роста пришелся на период с 1940 по 1950 гг. и завершился с достижением уровня запасов в 170 кг Cu на человека. Еще один этап роста с 1960 по 1990 гг. до уровня в 200 кг Cu на человека и, наконец, рост накопленных запасов меди в период с 1995 по 2008 гг. позволил достичь уровня обеспеченности медью в готовых изделиях на уровне 230 кг Cu на человека.

Анализ динамики накопленных запасов меди в изделиях в экономике США позволяет прийти к следующему выводу: абсолютный и относительный уровень потребления меди не снижается с переходом экономики к постиндустриальной модели развития. Более того, наблюдается активизация потребления, по всей видимости, обусловленная дальнейшим ростом уровня жизни.

На основании полученной оценки чистого импорта меди в изделиях США мы также можем скорректировать оценку ежегодного видимого потребления меди. Произведенная корректировка позволяет прийти к принципиально иным выводам относительно динамики удельного и абсолютного потребления меди американской экономикой. Так, если опираться на данные видимого потребления без учета экспорта/импорта меди в изделиях, то следует, что с 1999 г. потребление меди в США начало резко снижаться с максимума в 3 млн т меди в год до 1,5–2 млн т год

к 2010–2020 гг., т. е. до уровня 1950-х гг. При этом потребление меди на душу населения, в среднем находившееся в диапазоне от 8 до 10 кг на человека в 1960–2000 гг., в период 2000–2020 гг. снижается до среднего значения 6 кг на человека.

Однако, если мы скорректируем видимое потребление на уровень чистого импорта меди в изделиях, то получим принципиально иные результаты.

Во-первых, абсолютное потребление меди в США не снижается с 1999 г., а продолжает расти, достигнув исторического максимума в 3,6 млн т в 2000 г. В последующем оно корректируется до уровня в 3 млн т в год и сохраняется на этом уровне до глобального финансового кризиса 2008 г. В ходе кризиса потребление снижается до 2,2 млн т (а не до 1,5 млн т если оперировать данными без учета импорта/экспорта меди в продукции) с последующим восстановительным ростом до 2,8 млн т меди в год. Таким образом, абсолютный уровень потребления не возвращается к уровню 1950-х гг., а продолжает сохраняться на достаточно высоком уровне, характерном для последней декады XX в.

Во-вторых, удельное потребление меди не снижается до уровня 6 кг на человека,

а сохраняется в историческом диапазоне 8–10 кг на человека.

Ключевую роль в поддержании видимого потребления играет импорт. Фактически происходит не стагнация или сокращение потребления, а замена продукции национальной промышленности продукцией промышленного комплекса других стран.

При этом важно показать, что в рамках формирования постиндустриальной экономики в США существовало два структурно различных этапа возникновения чистого импорта меди в США (рис. 2).

1. Первый этап (с начала 1970-х гг.) характеризовался возникновением чистого импорта рафинированной меди (медных катодов), что было обусловлено сохранением производственных мощностей американской обрабатывающей промышленности в условиях деградации горнодобывающей и металлургической промышленности США.

2. Второй этап (с середины 1990-х гг.) характеризовался возникновением чистого импорта меди в изделиях, что, на наш взгляд, являлось следствием усиления третичного сектора (сектора услуг) в экономике США и деградацией обрабатывающей промышленности.



**Рис. 2. Динамика чистого импорта рафинированной меди и меди в изделиях и структура потребления меди в США**

Примечание: составлено авторами на основании данных, полученных в исследовании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании вышеизложенного мы можем заключить, что снижения уровня потребления меди в постиндустриальных экономиках не происходит. Уровень запасов меди в экономике не снижается, а возрастает. Это указывает на наличие и сохранение существенных объемов меди, которые доступны для вторичного использования в рамках экономики замкнутого цикла.

При этом то, что принимается как дематериализация, на наш взгляд, является следствием сохраняющейся деиндустриализацией развитых стран. Но деиндустриализация меняет не уровень, а форму потребления меди (и всех других материальных ресурсов) – она становится импортоориентированной. Таким образом, де-факто, мы имеем дело с другой характеристикой постиндустриального общества – интенсификацией процесса глобализации международной экономики, так как рост и поддержание достигнутого уровня жизни обеспечивается за счет импортных источников сырья или готовой продукции.

Также из вышеизложенного следует вывод о снижении объективности показателя видимого потребления меди без учета движения меди в составе готовых изделий. Это обусловлено движением значительной части потребленных сырьевых товаров в составе внешней торговли продукцией высоких переделов, что является важным фактором при описании потребления металлов в постиндустриальной экономике и для понимания материальных балансов стран. В эпоху широкого распространения глобальных цепочек создания стоимости показатель видимого потребления любых материальных ресурсов обладает определенной степенью условности и не отражает реального потребления как в развитых, так и в развивающихся странах. Альтернативным способом оценки уровня потребления меди, на наш взгляд, может выступать накопленный запас меди в изделиях (copper-in-stock), который мы использовали в настоящем исследовании.

## Список источников

1. Наумова Е. И. Дематериализация капитализма: общественный интеллект и прекариат // Вестник Санкт-Петербургского университета. Философия. Конфликтология. 2016. № 1. С. 45–52.
2. Fix B. Dematerialization through services: Evaluating the evidence. *BioPhysical Economics and Resource Quality*. 2019;(4):6.
3. Meyer B., Meyer M., Distelkamp M. Modeling green growth and resource efficiency: New results. *Mineral Economics*. 2012;24:145–154.
4. Hannesson R. Are we seeing dematerialization of world GDP? *Biophys Econ Sust*. 2021;6:4.
5. Chen W., Wang M., Li X. Analysis of copper flows in the United States: 1975–2012. *Resour Conserv Recycl*. 2016;111:67–76.
6. Wang M., Liang Y., Yuan M. et al. Dynamic analysis of copper consumption, in-use stocks and scrap generation in different sectors in the U.S. 1900–2016. *Resour Conserv Recycl*. 2018;139:140–149.
7. Gorman M., Dzombak D. Stocks and flows of copper in the U.S.: Analysis of circularity 1970–2015 and potential for increased recovery. *Resour Conserv Recycl*. 2020;153:1–15.
8. Hernández V., Pedersen T. Global value chain configuration: A review and research agenda. *BRQ Business Research Quarterly*. 2017;20(2):137–150.
9. Passarini F., Ciacci L., Nuss P. et al. Material flow analysis of aluminium, copper, and iron in the EU-28.

## References

1. Naumova E. I. Dematerialization of capitalism: General intellect and precariat. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Philosophy and Conflict Studies*. 2016;(1):45–52. (In Russian).
2. Fix B. Dematerialization through services: Evaluating the evidence. *BioPhysical Economics and Resource Quality*. 2019;(4):6.
3. Meyer B., Meyer M., Distelkamp M. Modeling green growth and resource efficiency: New results. *Mineral Economics*. 2012;24:145–154.
4. Hannesson R. Are we seeing dematerialization of world GDP? *Biophys Econ Sust*. 2021;6:4.
5. Chen W., Wang M., Li X. Analysis of copper flows in the United States: 1975–2012. *Resour Conserv Recycl*. 2016;111:67–76.
6. Wang M., Liang Y., Yuan M. et al. Dynamic analysis of copper consumption, in-use stocks and scrap generation in different sectors in the U.S. 1900–2016. *Resour Conserv Recycl*. 2018;139:140–149.
7. Gorman M., Dzombak D. Stocks and flows of copper in the U.S.: Analysis of circularity 1970–2015 and potential for increased recovery. *Resour Conserv Recycl*. 2020;153:1–15.
8. Hernández V., Pedersen T. Global value chain configuration: A review and research agenda. *BRQ Business Research Quarterly*. 2017;20(2):137–150.
9. Passarini F., Ciacci L., Nuss P. et al. Material flow analysis of aluminium, copper, and iron in the EU-28.

Luxemburg: Publications Office of the European Union; 2018. 100 p.

10. Yoshimura A., Matsuno Y. Dynamic material flow analysis and forecast of copper in global-scale: Considering the difference of recovery potential between copper and copper alloy. *Mater Trans.* 2018;59(6):989–998.
11. Historical statistics for mineral and material commodities in the United States. URL: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/historical-statistics-mineral-and-material-commodities> (дата обращения: 01.03.2023).
12. UN comtrade database. URL: <https://comtrade.un.org/> (дата обращения: 01.03.2023).
13. Stocks and flows. URL: <https://copperalliance.org/policy-focus/society-economy/circular-economy/stocks-flows/> (дата обращения: 01.03.2023).

#### Информация об авторах

**А. А. Емельянов** – кандидат экономических наук.

**Н. Р. Кельчевская** – доктор экономических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ.

**К. А. Попова** – аспирант.

**И. С. Пелымская** – кандидат экономических наук, доцент.

Luxemburg: Publications Office of the European Union; 2018. 100 p.

10. Yoshimura A., Matsuno Y. Dynamic material flow analysis and forecast of copper in global-scale: Considering the difference of recovery potential between copper and copper alloy. *Mater Trans.* 2018;59(6):989–998.
11. Historical statistics for mineral and material commodities in the United States. URL: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/historical-statistics-mineral-and-material-commodities> (accessed: 01.03.2023).
12. UN comtrade database. URL: <https://comtrade.un.org/> (accessed: 01.03.2023).
13. Stocks and flows. URL: <https://copperalliance.org/policy-focus/society-economy/circular-economy/stocks-flows/> (accessed: 01.03.2023).

#### Information about the authors

**A. A. Emelyanov** – Candidate of Sciences (Economics).

**N. R. Kelchevskaya** – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Honored Worker of Higher School of the Russian Federation.

**K. A. Popova** – Postgraduate.

**I. S. Pelymskaya** – Candidate of Sciences (Economics), Docent.