

УДК 622.324.6:314.44 (985) © А.В. Решетников, Л.В. Кривко✉, 2024

UDC 622.324.6:314.44 (985) © A.V. Reshetnikov, L.V. Krivko✉, 2024

ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Министерства  
здравоохранения РФ (Сеченовский Университет),  
123001, г. Москва, Россия  
✉ e-mail: krivko\_l\_v@staff.sechenov.ru

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University),  
Ministry of Health of the Russian Federation,  
Moscow, 123001, Russian Federation  
✉ e-mail: krivko\_l\_v@staff.sechenov.ru

# Связь выбросов оксида углерода и показателей капитала здоровья населения российской Арктики

## Relationship between carbon monoxide emissions and health capital indicators of the population in the Russian Arctic

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-11-74-78>

### РЕШЕТНИКОВ А.В.

Доктор мед. наук, доктор соц. наук, профессор,  
академик РАН, заведующий кафедрой  
социологии медицины, экономики здравоохранения  
и медицинского страхования,  
директор Института социальных наук  
ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения РФ  
(Сеченовский Университет),  
123001, г. Москва, Россия,  
e-mail: reshetnikov\_a\_v@staff.sechenov.ru

### КРИВКО Л.В.

Доктор экон. наук, доцент, профессор кафедры  
социологии медицины, экономики здравоохранения  
и медицинского страхования  
Института социальных наук  
ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова»,  
Министерства здравоохранения РФ  
(Сеченовский Университет),  
123001, г. Москва, Россия,  
e-mail: krivko\_l\_v@staff.sechenov.ru

В статье рассмотрена взаимосвязь антропогенного воздействия и состояния здоровья населения на территориях текущей и перспективной угледобычи российской Арктики, в том числе на основе характеристик коэффициента декарбонизации. Спрогнозированы (2030 г.): долгосрочное негативное влияние экологической нагрузки в части выбросов оксида углерода на формирование факторов инвалидизации населения арктических и приарктических территорий; зависимость уровня общей заболеваемости и объема валового продукта; зависимость заболеваемости органов дыхания и уровня совокупных выбросов оксида углерода. Учитывая верифицированные статистические показатели влияния выбросов оксида углерода на состояние здоровья населения, доминирование экспансивно-рецессивного типа декарбонизации в 2018–2022 гг., рекомендовано учитывать в оценке эффективности функционирования предприятий угольной отрасли показатели капитала здоровья населения.

**Ключевые слова:** выбросы углекислого газа, оксид углерода, коэффициент декарбонизации, заболеваемость населения, инвалидизация населения, естественный прирост населения.

**Для цитирования:** Решетников А.В., Кривко Л.В. Связь выбросов оксида углерода и показателей капитала здоровья населения российской Арктики // Уголь. 2024;(11):74–78. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-74-78.

### Abstract

The article discusses the relationship between the man-induced impact and the health of the population in the territories of current and prospective coal mining in the Russian Arctic, including the one based on the decoupling index characteristics. The authors predict (by 2030)

a long-term negative impact of the environmental load in terms of the carbon monoxide emissions on development of the disability factors for the population of the Arctic and sub-Arctic territories, the dependence of the general morbidity level and the gross product volume; respiratory diseases and the level of the aggregate carbon monoxide emissions. Considering the verified statistical indicators of the impact of carbon monoxide emissions on the health of the population, the predominance of the expansive-recessive type of decoupling in 2018-2022, it is recommended to take the indicators of the health capital of the population into account when assessing the performance of coal industry enterprises.

**Keywords**

Carbon dioxide emissions, carbon monoxide, Decoupling index, population morbidity, disability of population, natural population growth.

**For citation**

Reshetnikov A.V., Krivko L.V. Relationship between carbon monoxide emissions and health capital indicators of the population in the Russian Arctic. *Ugol'*. 2024;(11):74-78. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-74-78.

**ВВЕДЕНИЕ**

На территории российской арктической зоны находятся 45 угольных месторождений, забалансовые запасы угля оцениваются в 5735,662 млн т.

В Республике Коми, Красноярском крае, Республике Саха и в Чукотском автономном округе разведаны месторождения высококачественного каменного угля и антрацита, освоение которых обеспечивает ускоренное развитие региональных экономик [1]. Архангельская и Мурманская области, Республика Карелия имеют высокий инвестиционный потенциал развития угольной отрасли.

Сформировавшийся десятилетиями негативный экологический характер угольной отрасли [2, 3, 4] сегодня актуализирует переход к природо- и человекосберегающим технологиям. На государственном уровне подчеркиваются стратегическая значимость рационального использования природных ресурсов, минимизация негативных экологических и социальных последствий добычи природных ископаемых российской Арктики.

Помимо угольной пыли, метана, диоксидов азота и серы к числу основных загрязняющих веществ как побочных эффектов функционирования угольных шахт и обогатительных предприятий относится оксид углерода.

Углекислый газ вызывает депрессию аэробного метаболизма во всех органах, преимущественно повреждает мозг и миокард. Общетоксическое действие оксида углерода провоцирует заболевания органов дыхания, болезни системы кровообращения, эндокринные и онкологические заболевания [5], имея при этом краткосрочный и

(или) долгосрочный негативный эффект. Исследования российских ученых подтверждают, что длительное воздействие загрязняющих веществ, даже при значениях ниже предельно допустимых, отрицательно влияет на состояние здоровья населения [6].

Таким образом, уязвимость здоровья населения, связанного с экологическими угрозами угольной отрасли, определяет необходимость установления корреляции объемов выбросов оксида углерода и показателей капитала здоровья населения российских арктических территорий.

**ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

**Анализ декаплинг-эффекта арктических и приарктических территорий угледобычи**

В России в последние годы для оценки связи антропогенного давления и социально-экономического развития как отдельных отраслей, так и экономики в целом активно используют понятие «декаплинг».

Анализ эффекта декаплинга можно проследить в работах зарубежных [7, 8, 9] и отечественных исследователей [10, 11]. В частности, П. Тапио, оценивая взаимосвязь между ВВП и выбросами углекислого газа транспортом Финляндии в период 1970-2001 гг., показал, что оптимально использовать коэффициент декаплинга (Decoupling Ratio, DR) как отношение темпов роста экологической нагрузки ( $I_{EP}$ ) и темпов роста валового показателя экономического роста ( $I_{DF}$ ) [8].

Оценка динамики выбросов оксида углерода и валового регионального продукта субъектов Федерации, расположенных в арктической зоне (в текущих ценах), совокупных выбросов оксида углерода проведена на основе расчета коэффициента декаплинга по методике П. Тапио.

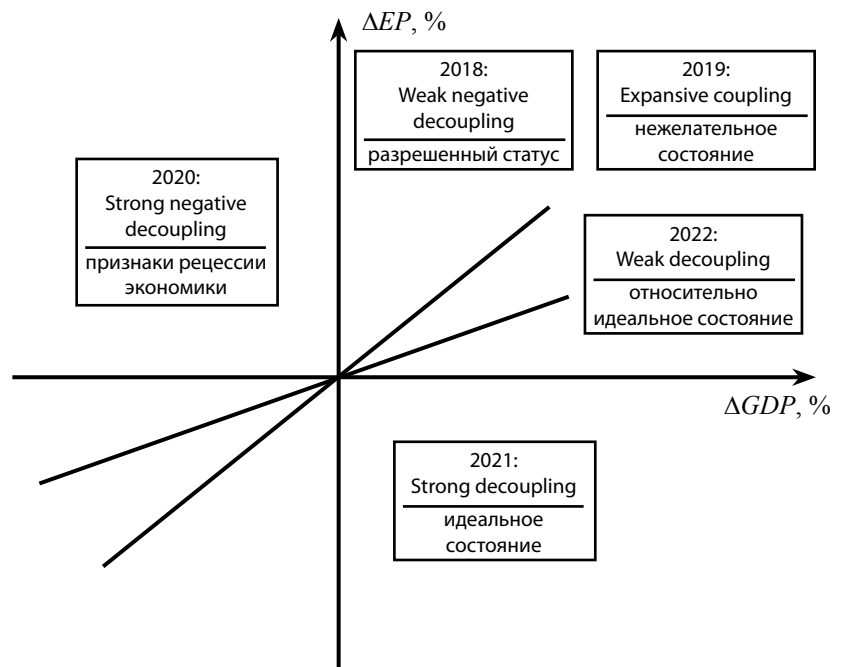


Рис. 1. Декаплинг по модели «The Decoupling Diamond» (составлено по [12])  
 Fig. 1. Decoupling according to model "The Decoupling Diamond" (compiled according to [12])

Модель «The Decoupling Diamond» («Алмаз развязки») [12] использовалась для определения декарпинга применительно к арктическим и приарктическим территориям в зависимости от темпов роста потребления ресурсов ( $\Delta EP$ , %), динамики регионального валового продукта ( $\Delta GDP$ , %) и величины коэффициента эластичности (рис. 1). Применение данной модели подтвердило наличие разделенной взаимосвязи (Strong decoupling) созданного арктико-зонального валового продукта и выбросов оксида углерода только в 2021 г. В целом в 2018-2021 гг. доминировал экспансивно-рецессивный декарпинг, свидетельствующий об одинаковых темпах экономического роста и антропогенной нагрузки.

Спрогнозированные показатели DR свидетельствует о возможности достижения сильного декарпинга с «идеальной» развязкой начиная с 2026 г. (рис. 2), т.е. достижения ситуации, когда темпы экономического роста превышают темпы экологической нагрузки в части выбросов углекислого газа. В 2030 г. следует ожидать эффекта сильного декарпинга:  $\Delta GDP > 0$ ,  $\Delta EP < 0$ ,  $\% \Delta EP / \% \Delta GDP < 0$ .

Основываясь на концептуальных прогнозных подходах [13], заданном значении роста ВВП России на 17% к 2030 г. в рамках сценария «ускоренной адаптации» Министерства экономического развития РФ, доле арктических регионов в ВВП России (около 9%), было определено, что темп роста (база: 2021 г.) валового продукта арктических территорий в 2030 г. составит положительную величину ( $\Delta GDP > 0$ ,  $\Delta GDP = 12,94\%$ ).

Исходя из доли выбросов оксида углерода на территориях угледобычи российской Арктики, прогнозируемое значение объема выбросов оксида углерода в 2030 г. будет меньше уровня 2021 г. на 32,98%. При  $\Delta GDP = 12,94\%$ ,  $\Delta EP = 67,02\%$  прогнозное значение DR2030 составит 0,59 («сильный декарпинг»).

**Прогнозная оценка влияния выбросов оксида углерода на характеристики капитала здоровья**

С точки зрения американского экономиста Майкла Гроссмана [14], автора понятия «капитал здоровья» (1972 г.), последний следует рассматривать как актив, позволяющий максимально продолжительно «использовать по назначению» человеческий ресурс. Аналогичной позиции придерживается и ряд российских исследователей [15, 16]. Капитал здоровья населения может быть оценен в разрезе показателей заболеваемости, инвалидизации и прироста населения.

В 2019-2022 гг. выявлена зависимость показателей состояния общей заболеваемости населения арктических тер-

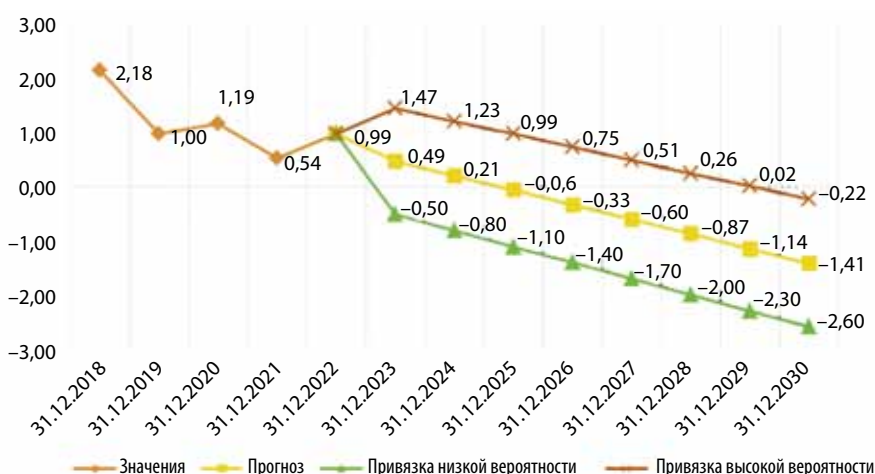


Рис. 2. Прогнозные значения коэффициента декарпинга, отн.ед.

Fig. 2. Predicted values of the decoupling coefficient

Таблица 1

**Прогнозные показатели капитала здоровья населения**

Forecast indicators of population health capital

Показатель	2021 г.	2030 г. (прогноз)
Заболеваемость населения (общая), ед.	560365,82	763178,71
Заболеваемость органов дыхания, ед.	2816734	4555436
Заболеваемость системы кровообращения, ед.	113908	100944
Численность инвалидов, на 1 тыс. чел	79,6	68,1
Коэффициент естественного прироста, на 1 тыс. чел	-7,1	-10,3

риторий от объема выбросов оксида углерода ( $r = 0,96$ ) и объема валового продукта ( $r = 0,95$ ).

Заболеваемость органов дыхания в 2019-2022 гг. характеризовалась наличием корреляционной зависимости по отношению к динамике производства валового продукта ( $r = 0,98$ ) и коэффициента декарпинга ( $r = 0,96$ ). В данном случае можно говорить не только о сохранении тенденции обеспечения экономического роста за счет увеличения объема задействования природных ресурсов, низкой производственно-экологической безопасности, но и о недостаточно эффективной охране труда. Косвенным подтверждением последнего можно считать высокую смертность населения арктических и приарктических территорий в трудоспособном возрасте [17], а также выявленный отечественными исследователями [18] «...рост профессиональных заболеваний бронхолегочной системы и увеличение тяжелых случаев и осложненных форм пневмокониоза».

Показатели инвалидизации населения территорий российской Арктики не имеют прямой зависимости от объемов выбросов оксида углерода и производства валового продукта. Данный факт актуализирует решение проблемы ранней диагностики и своевременного оказания медицинской помощи.

Прогноз-2030 состояния капитала здоровья населения арктических и приарктических территорий (табл. 1) свидетельствует о значительном росте общей заболеваемости (136,19%), заболеваний органов дыхания (161,73%), увеличении отрицательных значений коэффициента естественного прироста (145,07%). При этом прогнозируется

## Корреляционные связи показателей экологической нагрузки в части выбросов оксида углерода и капитала здоровья населения

Correlation between environmental load indicators and population health capital

Таблица 2

Показатель	2030 г.	
	<i>r</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>
Заболеваемость населения (общая)	0,99	0,98
	0,99	0,98
	-0,95	0,91
Заболеваемость органов дыхания	-0,94	0,90
	0,99	0,99
	0,94	0,90
Заболеваемость системы кровообращения	-0,66	0,45
	-0,68	0,46
	0,72	0,52
Численность инвалидов	-0,99	0,97
	-0,99	0,99
	0,97	0,95
Коэффициент естественного прироста	-0,88	0,78
	-0,90	0,81
	0,93	0,87

Примечание:

	Совокупные выбросы оксида углерода
	Валовый продукт арктических и приарктических территорий
	Коэффициент декарбонизации

в 2030 г. снижение численности инвалидов (85,55%), болезней системы кровообращения (88,62%).

В прогнозируемом периоде (2030 г.) выявлена сильная корреляционная зависимость уровня общей заболеваемости и объема валового продукта; заболеваемости органов дыхания и уровня совокупных выбросов оксида углерода. Установлена связь между заболеваемостью органов дыхания и уровнем декарбонизации. Корреляция уровня общей заболеваемости и коэффициента декарбонизации не установлена (табл. 2).

В долгосрочном периоде следует активизировать профилактику заболеваний, так как выявлена положительная связь уровня инвалидизации и коэффициента декарбонизации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На арктических и приарктических территориях за период 2018-2022 гг. выявлено отсутствие «идеального состояния» декарбонизации-эффекта (за исключением 2021 г.). Прогноз значений коэффициента декарбонизации свидетельствует о возможности достижения сильного декарбонизации начиная с 2026 г. и вплоть до 2030 г.

Однако, учитывая долгосрочный накопительный эффект негативного воздействия оксида углерода на состояние капитала здоровья, не следует ожидать в ближайшее десятилетие кардинального снижения уровня заболеваемости населения арктических и приарктических территорий. Можно говорить о долгосрочном негативном влиянии антропогенной нагрузки на формирование факторов инвалидизации населения арктических и приарктических территорий.

Представленные прогнозные показатели коэффициента естественного прироста населения территорий рос-

сийской Арктики свидетельствуют о наличии косвенной связи с характеристиками декарбонизации, что также необходимо учесть при формировании и реализации экологической составляющей развития угольной отрасли.

На макроэкономическом уровне требуется пересмотр оценки и учета влияния антропогенной нагрузки угольной отрасли на воспроизводство капитала здоровья. Следует уходить от практики рассмотрения в федеральных и региональных проектах индикаторов здоровья как абстрактных внеэкономических показателей. Рекомендуется включать в оценку эффективности угледобывающих и углеперерабатывающих проектов индикаторы капитала здоровья населения, определенные целями устойчивого развития территорий.

Результаты исследования могут использоваться для разработки документов стратегического социально-экономического развития угольной отрасли.

**Благодарность.** Авторы выражают признательность Каминскому Илье Сергеевичу (ЕЭК) за участие в обсуждении результатов исследования.

### Список литературы • References

- Скуф'ин П.К., Самарина В.П. Освоение угольных месторождений Арктической зоны России // Уголь. 2022. № 11. С. 69-74. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-69-74. Skuf'in P.K., Samarina V.P. Concerning development of coal deposits in Russia's Arctic zone. *Ugol'*. 2022;(11):69-74. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-69-74.
- Kholod N., Evans M., Raymond C. Pilcher, Roshchanka V., Ruiz F., Coté M., Collings R. Global methane emissions from coal mining to continue growing even with declining coal production. *Journal of Cleaner Production*. 2020;(256):120489.
- Суржигов Д.В., Кислицына В.В., Олещенко А.М. Влияние выбросов предприятий угольной промышленности на здоровье населения // Медицина в Кузбассе. 2017. Т. 16. № 3. С. 27-32. Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Oleshchenko A.M. Influence of the emissions of coal industry enterprises on public health. *Meditsina v Kuzbasse*. 2017;16(3):27-32. (In Russ.).
- Шутько Л.Г., Самородова Л.Л. Влияние угледобывающей промышленности Кузбасса на здоровье населения региона // Уголь. 2021. № 9. С. 46-50. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-46-50. Shutko L.G., Samorodova L.L. The impact of the Kuzbass coal mining industry on the health of the region's population. *Ugol'*. 2021;(9):46-50. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-46-50.
- Макоско А.А., Матешева А.В. О тенденциях распространенности экологически обусловленных заболеваний вследствие техногенного загрязнения атмосферы // Инновации. 2012. № 10(168). С. 98-104.

- Macosco A.A., Matesheva A.V. Prevalence trends of environment-related diseases due to the anthropogenic air pollution. *Innovatsii*. 2012;10(168):98-104. (In Russ.).
6. Хотько Н.И., Чупис В.Н. К методологии критериальной оценки экологического благополучия и медико-биологического состояния здоровья населения / Химическая безопасность РФ в современных условиях: сб. тр. научно-практ. конф. СПб, 2010. С. 145-148.
  7. E.U. von Weizsäcker, J. de Lardereel, Hargroves K., Hudson C., Smith M. Decoupling 2: technologies, opportunities and policy options: A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. М.: Rodrigues. 2014. 174 p. Available at: [http://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/decoupling\\_2\\_technologies\\_opportunities\\_and\\_policy\\_options-2014irp\\_decoupling\\_2\\_report-1.pdf](http://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/decoupling_2_technologies_opportunities_and_policy_options-2014irp_decoupling_2_report-1.pdf) (accessed 15.10.2024).
  8. Tapio P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy*. 2005;(12):137-151.
  9. Jackson T. Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet. RU: Earthscan, 2009. Available at: <http://archive.ipu.org/splz-ear/unga13/prosperity.pdf> (accessed 15.10.2024).
  10. Аникина И.Д., Аникин А.А. Оценка эффекта декарпинга на примере регионов ЮФО // Региональная экономика. Юг России. 2019. Т. 7. № 4. С. 138-147. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2019.4.13>.  
Anikina I.D., Anikin A.A. Assessment of the decoupling effect based on the regions of the Southern Federal District. *Regional'naya ekonomika. Yug Rossii*, 2019;7(4):138-147. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2019.4.13>.
  11. Роль и место декарпинга в системе элементов устойчивого развития / Е.Н. Захарова, М.Н. Силантьев, М.З. Абесалашвили и др. // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 11. № 7А. С. 136-144. Zakharova E.N., Silant'ev M.N., Abesalashvili M.Z., Bakhova Ya.S. The role and place of decoupling in the system of elements of sustainable development. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*. 2021;11(7A):136-144. (In Russ.).
  12. Finel N., Tapio P. 2012. Decoupling transport CO<sub>2</sub> from GDP, Finland futures research center. University of Turku, 11-12. Available at: [https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/147511eBook\\_2012-1](https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/147511eBook_2012-1) (accessed 15.10.2024).
  13. Vähäkari Noora, Lauttamäki Ville, Tapio Petri, Ahvenainen Marko, Assmuth Timo, LyytimäkiJari, Vehmas Jarmo. The future in sustainability transitions – Interlinkages between the multi-level perspective and futures studies. *Futures*. 2020;(123):102597. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102597>.
  14. Grossman M. On the Concept of Health Capital and the Demand for Health. *Journal of Political Economy*. 1972;80(2):223-255.
  15. Рощина Я.М. Отдача от позитивных и негативных инвестиций в здоровье: Препринт WP3/2008/05. М.: ГУ ВШЭ, 2008. 88 с.
  16. Прохорова В.В., Медведева О.В. Капитал здоровья как первооснова человеческого капитала // Вестник АНУ. Сер. Экономика. 2019. Вып. 3(245). С. 84-92.  
Prokhorova V.V., Medvedeva O.V. Health capital as the first foundation of human capital. *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Ekonomika*. 2019;3(245):84-92. (In Russ.).
  17. Krivko L.V. The problem and contradictions of the reproduction of human capital in the Russian Arctic. *International Journal of Research in Human Resource Management*. 2023;5(2):111-115. DOI: 10.33545/26633213.2023.v5.i2b.154.
  18. Нарушения здоровья работников, связанные с факторами риска условий труда в горнодобывающей промышленности Арктической зоны (аналитический обзор) / А.Г. Фадеев, Д.В. Горяев, Н.В. Зайцева и др. // Анализ риска здоровью. 2023. № 1. С. 184-193. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.17.  
Fadeev A.G., Goryaev D.V., Zaitseva N.V., Shur P.Z., Redko S.V., Fokin V.A. Health disorders in workers associated with health risks at workplaces in mining industry in the Arctic (Analytical review). *Analiz riska zdorov'yu*. 2023;(1):184-193. (In Russ.). DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.17.

#### Authors Information

**Reshetnikov A.V.** – Doctor of Medical Sciences, Doctor of Social Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Medical Sociology, Healthcare Economics and Medical Insurance, Director, Institute of Social Sciences, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, 123001, Russian Federation, e-mail: [reshetnikov\\_a\\_v@staff.sechenov.ru](mailto:reshetnikov_a_v@staff.sechenov.ru)

**Krivko L.V.** – Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Medical Sociology, Healthcare Economics and Medical Insurance, Institute of Social Sciences, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, 123001, Russian Federation, e-mail: [krivko\\_l\\_v@staff.sechenov.ru](mailto:krivko_l_v@staff.sechenov.ru)

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 13.06.2024

Поступила после рецензирования: 17.10.2024

Принята к публикации: 28.10.2024

#### Paper info

Received June 13, 2024

Reviewed October 17, 2024

Accepted October 28, 2024