

УДК 616.61-002.2-08: 612.275: 616-036.88

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/121/40>

ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ НА СМЕРТНОСТЬ ПАЦИЕНТОВ С ТЕРМИНАЛЬНОЙ СТАДИЕЙ ПОЧЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ГЕМОДИАЛИЗЕ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

©Айырова Д. А., ORCID: 0000-0001-8348-4669, SPIN-код: 6064-1814,
канд. мед. наук, Национальный центр кардиологии и терапии,
г. Бишкек, Кыргызстан, dinaralievna@gmail.com

©Ахунова Э. Н., ORCID: 0009-0002-2752-929X, SPIN-код: 8438-9203,
Медицинский центр «Веданта», г. Бишкек, Кыргызстан, elnura.akhunova@gmail.com

©Калиев Р. Р., ORCID: 0000-0001-9216-4632, SPIN-код: 7112-5764, д-р мед. наук,
Национальный центр кардиологии и терапии, г. Бишкек, Кыргызстан, karys2002@mail.ru

Effect of Altitude on Mortality in Patients with End-Stage Renal Failure Undergoing Hemodialysis in the Kyrgyz Republic

©Aiyropova D., ORCID: 0000-0001-8348-4669, SPIN-code: 6064-1814, PhD in Medicine, National Center for Cardiology and Therapy, Bishkek, Kyrgyzstan, dinaralievna@gmail.com

©Akhunova E., ORCID: 0009-0002-2752-929X, SPIN code: 8438-9203, Vedanta Medical Center, Bishkek, Kyrgyzstan, elnura.akhunova@gmail.com

©Kaliyev R., ORCID: 0000-0001-9216-4632, SPIN code: 7112-5764, MD Sciences, National Center for Cardiology and Therapy, Bishkek, Kyrgyzstan, karys2002@mail.ru

Аннотация. Цель исследования: оценить взаимосвязь между высотой проживания и уровнем смертности среди пациентов, получающих программный гемодиализ в Кыргызской Республике. Материалы и методы: проведён ретроспективный анализ данных национальной Системы учёта гемодиализных больных Кыргызской Республики за период 2019–2024 гг. В исследование включены 2140 взрослых пациентов с терминальной стадией почечной недостаточности (ТПН), начавших лечение методом гемодиализа. Пациенты были стратифицированы по высоте проживания: низкогорье (800–1000 м), среднегорье (1000–2000 м) и высокогорье (>2000 м). Основным исходом являлась смерть от всех причин. Для оценки связи между высотой проживания и смертностью использовались модели пропорциональных рисков Кокса с последовательной корректировкой на демографические, клинические и лабораторные показатели. Результаты: среди всех пациентов 78,3% проживали в низкогорье, 19,6% — в среднегорье и 2,1% — в высокогорных районах. Пятилетняя актуарная выживаемость составила 30,4 % у жителей низкогорья и 38,5 % у пациентов, проживающих выше 1000 м. Медиана выживаемости после начала диализной терапии увеличивалась с 2,9 до 3,7 лет при росте высоты проживания. После поправки на все ковариаты относительное снижение смертности составило 7% для высоты 800–1000 м, 9% — для 1000–2000 м и 17% — для высот свыше 2000 м ($p<0,05$). Заключение: проживание на большей высоте ассоциировалось с постепенным снижением смертности у пациентов, получающих гемодиализ, независимо от клинических и демографических характеристик. Полученные данные позволяют предположить, что гипоксия-индуцированные адаптационные механизмы, активирующиеся в условиях высокогорья, могут оказывать протективное влияние на выживаемость данной категории больных.

Abstract. Objective: To evaluate the association between residential altitude and all-cause mortality among patients receiving maintenance hemodialysis in the Kyrgyz Republic. Materials

and Methods: A retrospective analysis was conducted using data from the National Hemodialysis Patient Registry of the Kyrgyz Republic for the period 2019–2024. The study included 2,140 adult patients with end-stage renal disease (ESRD) who initiated hemodialysis during the specified period. Patients were stratified according to their residential altitude: low altitude (800–1,000 m), mid-altitude (1,000–2,000 m), and high altitude (>2,000 m). The primary outcome was all-cause mortality. Cox proportional hazards models were used to assess the relationship between altitude of residence and mortality, with sequential adjustment for demographic, clinical, and laboratory covariates. **Results:** Among all participants, 78.3% resided at low altitude, 19.6% at mid-altitude, and 2.1% in high-altitude regions. The 5-year actuarial survival rate was 30.4% for patients living at low altitude and 38.5% for those residing above 1,000 m. The median survival after initiation of dialysis increased from 2.9 to 3.7 years with increasing altitude. After full adjustment for covariates, mortality was 7% lower at 800–1,000 m, 9% lower at 1,000–2,000 m, and 17% lower above 2,000 m ($p<0.05$). **Conclusion:** Living at higher altitudes was associated with a progressive reduction in all-cause mortality among patients on maintenance hemodialysis, independent of demographic and clinical characteristics. These findings suggest that hypoxia-induced adaptive mechanisms activated in high-altitude environments may exert a protective effect on survival in this patient population.

Ключевые слова: хроническая болезнь почек, гемодиализ, высота над уровнем моря, смертность, Кыргызская Республика.

Keywords: chronic kidney disease, hemodialysis, altitude, mortality, Kyrgyz Republic.

Высокогорные районы характеризуются экстремальными природными условиями — сниженным атмосферным давлением, низким содержанием кислорода и пониженными температурами [1, 2].

С увеличением высоты над уровнем моря атмосферное и парциальное давление кислорода заметно уменьшаются [1].

Так, на высоте около 5000 м парциальное давление кислорода составляет примерно половину от уровня на уровне моря. Проживание или работа в условиях высокогорья вызывает выраженные физиологические и метаболические перестройки организма, оказывающие влияние на здоровье человека [2, 3].

Наиболее активно исследуется воздействие высоты на сердечно-сосудистую, дыхательную и нервную системы, что связано с риском развития высотных патологий, включая высотную кардиомиопатию [2, 4].

В то же время значительно меньше клинических данных посвящено влиянию горных условий на функцию почек. Особенно недостаточно изучены механизмы, посредством которых гипобарическая гипоксия воздействует на сердечно-сосудистую систему у пациентов, находящихся на гемодиализе [3, 4].

Современные исследования показывают, что у пациентов с терминальной стадией почечной недостаточности (ТПН), проживающих в горных районах, отмечаются более высокие показатели гемоглобина, несмотря на применение меньших доз эритропоэтина [2].

Этот факт свидетельствует о вероятном участии биологических процессов, активируемых в условиях гипоксии. Предполагается, что гипоксия-индуцированные механизмы способствуют повышению биодоступности железа, что приводит к усиленному эритропоезу у пациентов с ТПН, находящихся в условиях высокогорья [3].

С учётом этого американские исследователи выдвинули гипотезу о том, что проживание на возвышенной местности может быть связано со снижением риска смертности у пациентов, начинаящих лечение хроническим диализом [5, 6].

В рамках проведённого анализа рассматривались пациенты, проживавшие на высотах до 6000 футов (около 1829 метров) над уровнем моря. Горная местность занимает свыше 75% территории Кыргызской Республики, причём 94,2% площади расположено выше отметки 1000 метров над уровнем моря, а около 40,8% территории — на высотах, превышающих 3000 метров. Средняя абсолютная высота страны составляет примерно 2750 метров [7].

Территории, находящиеся на высотах от 500 до 2000 метров, относятся к зонам среднегорья. В связи с этим был проведён анализ выживаемости пациентов, проходящих программный гемодиализ и проживающих в условиях среднегорного рельефа [7].

В исследовании использовались данные национальной Системы учёта гемодиализных больных Кыргызской Республики, содержащей подробные сведения обо всех пациентах с терминальной стадией почечной недостаточности, получающих заместительную почечную терапию (ЗПТ). В базе представлены демографические характеристики пациентов, вероятная этиология ТПН, а также клинико-лабораторные параметры на момент начала лечения, включая массу тела, рост, уровни сывороточного альбумина, креатинина и гематокрит.

Для определения высоты над уровнем моря в месте проживания каждого участника исследования применялись данные государственной цифровой системы «Тундук», сопоставленные с почтовым индексом зарегистрированного адреса.

Материал и методика

Отбор пациентов. Из стандартных аналитических файлов национальной базы данных пациентов с терминальной стадией почечной недостаточности (ТПН) были включены все взрослые лица (в возрасте 18 лет и старше), начавшие диализное лечение в период с 1 января 2019 года по 31 декабря 2024 года. В выборку не вошли пациенты, которым была выполнена профилактическая (превентивная) трансплантация почки в качестве первичного метода терапии ТПН, а также случаи с неполными или недостоверными сведениями о возрасте, поле или расовой принадлежности. Началом периода наблюдения считалась дата старта заместительной почечной терапии (ЗПТ), зафиксированная в базе данных.

Все участники исследования были классифицированы в соответствии с высотой над уровнем моря места их проживания, определённой по почтовому индексу: Низкогорная зона: 800–1000 м, Среднегорная зона: 1000–2000 м, Высокогорная зона: свыше 2000 м.

В качестве ковариата в анализ были включены демографические данные, указанные в форме медицинского свидетельства: возраст, начала диализной терапии, пол. Сведения о сопутствующих заболеваниях были получены из истории болезни. Дополнительно фиксировались данные о функциональном статусе пациента (наличие ограничений в передвижении или неспособность к самостоятельному перемещению), типе начатой ЗПТ (гемодиализ или перитонеальный диализ), а также о применении эритропоэтина до начала диализного лечения.

Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывался по формуле: масса тела в килограммах, делённая на квадрат роста в метрах ($\text{кг}/\text{м}^2$). Среди базовых лабораторных показателей учитывались уровни сывороточного альбумина, гемоглобина, креатинина, гематокрита, а также расчётная скорость клубочковой фильтрации (рСКФ).

Конечная точка. Основным исследуемым исходом в данном анализе являлась смерть от любой причины. Дата смерти каждого пациента определялась на основании данных, содержащихся в базе данных ТПН.

Статистический анализ. Характеристики пациентов были описаны с использованием средних значений и частот в зависимости от категории высоты над уровнем моря. Для оценки связи между высотой проживания и общим риском смертности были построены модели пропорциональных рисков Кокса, в которых время отсчитывалось от даты начала диализной терапии до наступления смерти от любой причины. Модели были стратифицированы по календарному году начала лечения. Наблюдение прекращалось при достижении одного из следующих событий: смерть, завершение пятилетнего периода наблюдения, окончание периода наблюдения в базе данных (31 декабря 2024 года) или выбытие пациента из-под наблюдения. В качестве референтной категории во всех анализах использовалась группа пациентов, проживающих на высоте 800 метров над уровнем моря.

Значение $p<0,05$ считалось статистически значимым. Все статистические анализы проводились с использованием программного обеспечения STATISTICA.

Результаты и их обсуждение

В исследование были включены 2140 пациентов с терминальной стадией почечной недостаточности (ТПН), начавших лечение программным гемодиализом в период с 2019 по 2024 год и удовлетворяющих установленным критериям включения. Большая часть пациентов проживала на высоте около 800 м над уровнем моря (78,3%). Население, проживавшее на высоте от 801 до 2000 м, составило 19,6%, а в зоне выше 2000 м — лишь 2,1%.

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАЦИЕНТОВ НА МОМЕНТ НАЧАЛА ЗПТ,
СТРАТИФИЦИРОВАННЫЕ ПО КАТЕГОРИЯМ ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ

Характеристика	Место постоянного проживания		
	Низкогорья	среднегорья	Высокогорья
Пациенты	1674(78,3%)	420(19,6%)	46(2,1%)
возраст	56,5±15,7	57,0±15,4	54,1±14,8
Пол (м/ж)	870/804	225/195	20/26
ИМТ	27,4±6,1	26,2±5,9	26,7±6,3
Гемоглобин, г/л	96±18,1	97±16,7	104±17,1
Креатинин, мкмоль/л	686±38,2	660±36,1	624±35,2
СКФ мл/мин	8,7±3,1	9,3±3,2	8,5±4,0
Альбумин, г/л	32±7,1	31±6,8	31±6,6

СКФ — скорость клубочковой фильтрации

Среди проанализированных биометрических и лабораторных показателей отмечалось, что индекс массы тела (ИМТ), уровень сывороточного альбумина и расчетная скорость клубочковой фильтрации (рСКФ) на момент начала диализа были несколько ниже у пациентов, проживающих в условиях большей высоты.

Анализ выживаемости выявил выраженные различия в показателях смертности между группами, стратифицированными по высоте проживания, с тенденцией к последовательному снижению смертности при увеличении высоты над уровнем моря (тест Уилкоксона, $p < 0,001$). Так, среди пациентов, проживающих в низкогорных районах, коэффициент смертности составил 111,4 на 1000 человеко-лет (95 % доверительный интервал (ДИ): 110,1–112,3), тогда как в высокогорных зонах данный показатель снижался до 94,4 на 1000 человеко-лет (95 % ДИ: 93,1–96,7) (Таблица 2).

Таблица 2

КОЭФФИЦИЕНТЫ СМЕРТНОСТИ ПАЦИЕНТОВ
НА ГЕМОДИАЛИЗЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ ПРОЖИВАНИЯ

Группа проживания	Коэффициент смертности (на 1000 человеко-лет)	95% доверительный интервал (ДИ)	Статистическая значимость
Низкогорье	111,4	110,1 – 112,3	p < 0,001
Высокогорье	94,4	93,1 – 96,7	p < 0,001

Актуарный показатель пятилетней выживаемости составил 30,4% среди пациентов, проживающих в низкогорье, и 38,5% среди пациентов, живущих среднегорье и высокогорье. Медиана выживаемости после начала диализной терапии составила 2,9 года у пациентов, проживающих в низкогорье, и 3,7 года — у пациентов, проживающих выше 2000 м, что соответствует приросту медианной продолжительности жизни на 0,8 года между этими крайними группами.

Таблица 3

АКТУАРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЫЖИВАЕМОСТИ ПАЦИЕНТОВ
НА ГЕМОДИАЛИЗЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ ПРОЖИВАНИЯ

Показатель	Низкогорье	Средне- и высокогорье	
5-летняя актуарная выживаемость, %	30,4%	38,5%	p<0,05
Медиана выживаемости после начала диализной терапии, лет	2,9 года	3,7 года	p<0,05

Для проверки стабильности выявленной взаимосвязи между высотой проживания и уровнем смертности анализ проводился поэтапно с последовательным добавлением потенциальных смещающих факторов в базовую модель смертности. Вначале учитывались демографические характеристики, затем — сопутствующие заболевания, ограничения физической активности, индекс массы тела (ИМТ) и ключевые лабораторные параметры. Как показано на Рисунке 1, добавление этих переменных вызвало лишь незначительные изменения в оценках, и значения эффекта оставались практически неизменными между двумя заключительными моделями.

Следует отметить, что в итоговый анализ вошли 64,5% пациентов, по которым имелись полные данные по лабораторным показателям и ИМТ. После корректировки на все факторы риска установлено, что по сравнению с пациентами, проживающими в низкогорных районах, смертность была ниже: на 7% (95% доверительный интервал: 6–8%) среди пациентов, живущих на высоте 800–1000 м, на 9% (95% ДИ: 8–10%) среди проживающих на 1000–2000 м, и на 17% (95% ДИ: 11–19%) у пациентов, обитающих на высотах выше 2000 м. В общей популяции отмечалась тенденция к умеренному снижению возрасто- и полостандартизованных показателей смертности с увеличением высоты над уровнем моря.

В относительном выражении смертность среди населения, проживающего на высотах выше 2000 м, была на 7% ниже, чем у лиц, живущих на уровне моря или в прибрежных зонах. Однако среди пациентов с хронической болезнью почек (ХБП), находящихся на заместительной почечной терапии диализом, аналогичное сравнение между этими высотными группами выявило более выраженное снижение уровня смертности — на 15% (Рисунок).

Настоящее исследование стало первым, в котором системно проанализирована взаимосвязь между высотой проживания и уровнем смертности среди пациентов, получающих программный гемодиализ на территории Кыргызской Республики. Однако

следует отметить ряд ограничений данного анализа. Одним из ключевых является возможность того, что выявленные различия могут быть обусловлены неконтролируемыми индивидуальными особенностями пациентов либо факторами окружающей среды, связанными с высотой проживания, а не непосредственным влиянием самой высоты.

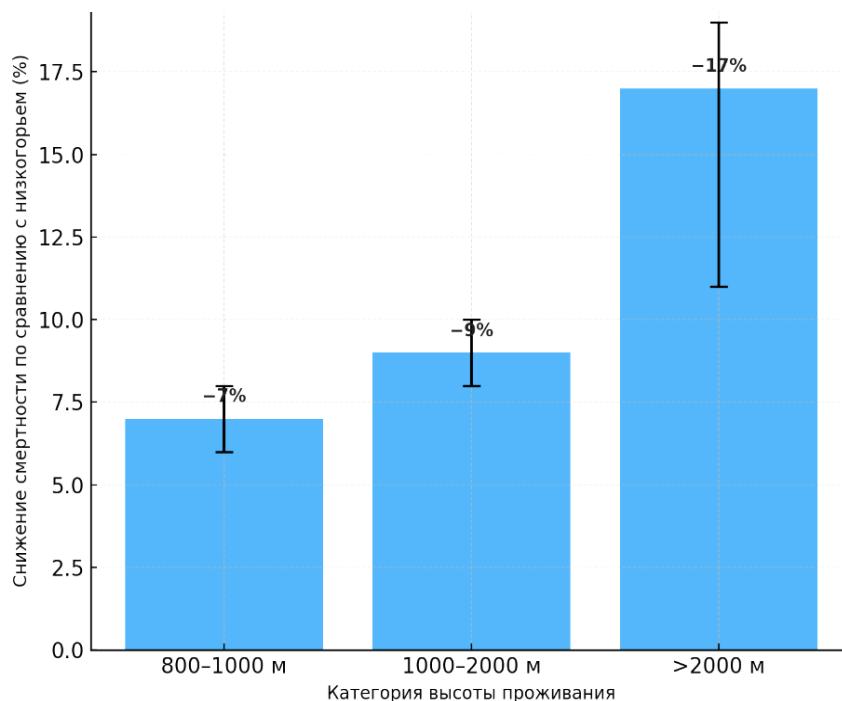


Рисунок. Корректированные показатели смертности пациентов на гемодиализе в зависимости от высоты проживания

Таким образом, установить причинно-следственный характер обнаруженной ассоциации между высотой и смертностью на основании полученных данных не представляется возможным. Для подтверждения этих выводов и уточнения механизмов влияния необходимы дальнейшие исследования с более детализированной клинической информацией, что позволит учесть потенциальные искажающие факторы и повысить точность интерпретации результатов.

Вывод

В заключение, проведённый анализ показал, что среди пациентов, получающих программный гемодиализ, наблюдается последовательное снижение общей смертности с увеличением высоты проживания. Этот эффект не мог быть объяснён различиями в демографических или клинических характеристиках обследованных групп. Выраженность снижения смертности у диализных пациентов на больших высотах оказалась значительно выше, чем умеренное уменьшение аналогичного показателя, зафиксированное в общей популяции. Предполагается, что у пациентов, проживающих в условиях гипобарической гипоксии, активируются устойчивые гипоксия-индуцированные механизмы, которые могут обладать потенциальным протективным влиянием на организм.

Список литературы:

1. Winkelmayer W. C., Liu J., Brookhart M. A. Altitude and all-cause mortality in incident dialysis patients // *Jama*. 2009. V. 301. №5. P. 508-512. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.84>
2. Sibbel S., Maroni B. J., Brunelli S. M. The effect of altitude on erythropoiesis-stimulating agent dose, hemoglobin level, and mortality in hemodialysis patients // *Journal of nephrology*. 2017. V. 30. №6. P. 821-829. <https://doi.org/10.1007/s40620-016-0350-1>
3. Bravo-Jaimes K. et al. Effect of altitude on mortality of end-stage renal disease patients on hemodialysis in Peru // *Clinical kidney journal*. 2021. V. 14. №3. P. 998-1003. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfaa056>
4. Rojas-Camayo J., Mejia C. R., Callacondo D., Dawson J. A., Posso M., Galvan C. A., Subhi R. Reference values for oxygen saturation from sea level to the highest human habitation in the Andes in acclimatized persons // *Thorax*. 2018. V. 73. №8. P. 776-778. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2017-210598>
5. Bravo-Jaimes K., Loescher V. Y., Canelo-Aybar C., Rojas-Camayo J., Mejia C. R., Schult S., Hinostroza J. Effect of altitude on mortality of end-stage renal disease patients on hemodialysis in Peru // *Clinical kidney journal*. 2021. V. 14. №3. P. 998-1003. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfaa056>
6. Shapiro B. B., Streja E., Rhee C. M., Molnar M. Z., Kheifets L., Kovesdy C. P., Kalantar-Zadeh K. Revisiting the association between altitude and mortality in dialysis patients // *Hemodialysis International*. 2014. V. 18. №2. P. 374-383. <https://doi.org/10.1111/hdi.12129>
7. Second National Communication of the Kyrgyz Republic to the UN Framework Convention on Climate Change. Bishkek, 2009. 206 p.

References:

1. Winkelmayer, W. C., Liu, J., & Brookhart, M. A. (2009). Altitude and all-cause mortality in incident dialysis patients. *Jama*, 301(5), 508-512. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.84>
2. Sibbel, S., Maroni, B. J., & Brunelli, S. M. (2017). The effect of altitude on erythropoiesis-stimulating agent dose, hemoglobin level, and mortality in hemodialysis patients. *Journal of nephrology*, 30(6), 821-829. <https://doi.org/10.1007/s40620-016-0350-1>
3. Bravo-Jaimes, K., Loescher, V. Y., Canelo-Aybar, C., Rojas-Camayo, J., Mejia, C. R., Schult, S., ... & Hinostroza, J. (2021). Effect of altitude on mortality of end-stage renal disease patients on hemodialysis in Peru. *Clinical kidney journal*, 14(3), 998-1003. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfaa056>
4. Rojas-Camayo, J., Mejia, C. R., Callacondo, D., Dawson, J. A., Posso, M., Galvan, C. A., ... & Subhi, R. (2018). Reference values for oxygen saturation from sea level to the highest human habitation in the Andes in acclimatized persons. *Thorax*, 73(8), 776-778. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2017-210598>
5. Bravo-Jaimes, K., Loescher, V. Y., Canelo-Aybar, C., Rojas-Camayo, J., Mejia, C. R., Schult, S., ... & Hinostroza, J. (2021). Effect of altitude on mortality of end-stage renal disease patients on hemodialysis in Peru. *Clinical kidney journal*, 14(3), 998-1003. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfaa056>
6. Shapiro, B. B., Streja, E., Rhee, C. M., Molnar, M. Z., Kheifets, L., Kovesdy, C. P., ... & Kalantar-Zadeh, K. (2014). Revisiting the association between altitude and mortality in dialysis patients. *Hemodialysis International*, 18(2), 374-383. <https://doi.org/10.1111/hdi.12129>

7. Second National Communication of the Kyrgyz Republic to the UN Framework Convention on Climate Change (2009). Bishkek.

Поступила в редакцию
06.11.2025 г.

Принята к публикации
14.11.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Айыпова Д. А., Ахунова Э. Н., Калиев Р. Р. Влияние высоты над уровнем моря на смертность пациентов с терминальной стадией почечной недостаточности, находящихся на гемодиализе в Кыргызской Республике // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №12. С. 324-331. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/121/40>

Cite as (APA):

Aiypova, D., Akhunova, E., & Kaliev, R. (2025). Effect of Altitude on Mortality in Patients with End-Stage Renal Failure Undergoing Hemodialysis in the Kyrgyz Republic. *Bulletin of Science and Practice*, 11(12), 324-331. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/121/40>