

УДК 613.6.02:613.25:612.064

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ В АРКТИКЕ НА
D-ВИТАМИННУЮ И ФОСФОР-КАЛЬЦИЙ-МАГНИЕВУЮ
НАСЫЩЕННОСТИ ОРГАНИЗМА РАБОТАЮЩИХ**

**Рахманов Р.С.¹, Нарутдинов Д.А.², Богомолова Е.С.¹, Разгулин С.А.¹, Непряхин Д.В.¹,
Зайцев Л.Л.³**

¹ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава
России, Нижний Новгород, Россия

²ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф.
В.Ф.Войно-Ясенецкого» Минздрава России, Красноярск, Россия

³ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет»
Минздрава России, Краснодар, Россия

Климатические условия Арктики являются факторами риска развития D-витаминовой недостаточности; она тесно связана с фосфорно-кальциевым и магниевым обменом организма. Цель – оценить показатели D-витаминовой и связанной с ней минеральной насыщенности организма лиц различных стажевых групп, работающих в Арктике. Исследование провели в июле за чертой 73⁰ с.ш. среди двух когорт работающих, разделенных по принципу стажевых групп: до 5 лет (n=21), до 10 лет (n=30). Критерием насыщенности организма витамином был продукт его промежуточного превращения - 25-ОН D. Определяли кальций ионизированный и общий, фосфор неорганический и магний. Стаж работ в Арктике 4,1±0,2 и 7,1±0,2 года соответственно (p=0,001). Установлена связь между D-витаминовой насыщенностью организма и длительностью трудового стажа: гиповитаминозные состояния при работе до 5 лет - у 28,6%, до 10 лет - у 46,7%, пограничная недостаточность у 71,4% и 53,3%. Средние показатели ионизированного и общего кальция, фосфора неорганического, магния определялись на нижних границах референтных зон. При меньшем стаже работ выявлены лица с недостаточностью ионизированного кальция (19,0%), в 2,2 раза была большей доля лиц с недостаточностью магния, средние величины фосфора неорганического и магния были статистически менее значимыми, нежели у лиц с большим стажем работ. Таким образом, можно полагать, что длительность работ в Арктике оказывает влияние на синтез витамина D, а также минеральный обмен связанных с ним веществ. Необходимо проведение исследований в период полярной ночи. Обуславливаются круглогодичные профилактические мероприятия с учетом длительности работ в Арктике.

Ключевые слова: Арктика, длительность работ, витамин D, кальций ионизированный и общий, неорганический фосфор, магний.

Для цитирования: Рахманов Р.С., Нарутдинов Д.А., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Непряхин Д.В., Зайцев Л.Л. Оценка влияния длительности работ в Арктике на D-витаминовую и фосфор-кальций-магниевую насыщенности организма работающих. Медицина труда и экология человека. 2023:183-192.

Для корреспонденции: Рахманов Рафаиль Салыхович, профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «ПИМУ» МЗ РФ, доктор медицинских наук, профессор, e-mail: raf53@mail.ru.

Финансирование: работа подготовлена без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10314>

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE DURATION OF WORK
IN THE ARCTIC ON D-VITAMIN AND PHOSPHORUS-CALCIUM-MAGNE
SATURATION OF WORKERS' BODY

Rakhmanov R.S.¹, Narutdinov D.A.², Bogomolova E.S.¹, Razgulin S.A.¹, Nepryakhin D.V.¹,
Zaitsev L.L.³

¹Department of Hygiene Volga Research Medical University, Department of Hygiene, Nizhny
Novgorod, Russia

² V.F. Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University of the Russian Health Ministry,
Krasnoyarsk, Russia

³FGBOU VO "Kuban State Medical University" Russian Health Ministry, Krasnodar, Russia

Abstract. *The climatic conditions of the Arctic are risk factors for the development of D-vitamin deficiency; it is closely related to the phosphorus-calcium and magnesium metabolism of the body. The goal is to evaluate the indicators of D-vitamin and related mineral saturation of the body of people from various probationary groups working in the Arctic. The study was carried out in July below 730 N. among two cohorts of employees, divided according to the principle of work experience groups up to 5 years (n=21), up to 10 years (n=30). The criterion for the saturation of the body with a vitamin was the product of its intermediate transformation - 25-OH D. Ionized and total calcium, inorganic phosphorus and magnesium were determined. Work experience in the Arctic, respectively, 4.1±0.2 and 7.1±0.2 years (p=0.001). A relationship has been established between the D-vitamin saturation of the body and the length of the period of work experience: hypovitaminosis states in five years of work in 28.6%, with work up to 10 years - in 46.7%, borderline deficiency in 71.4% and in 53.3%. The average values of ionized and total calcium, inorganic phosphorus, magnesium were determined at the lower boundaries of the reference zones. With less work experience, persons with ionized calcium deficiency (19.0%) were identified, the proportion of persons with magnesium deficiency was 2.2 times higher, the average values of inorganic phosphorus and magic were statistically less significant than in persons with a long work experience. Thus, it can be assumed that the duration of work in the Arctic affects the synthesis of vitamin D, as well as the mineral metabolism of substances associated with it. It is necessary to conduct research during the polar night. Year-round preventive measures are needed, taking into account the duration of work in the Arctic.*

Keywords: Arctic, duration of work, vitamin D, ionized and total calcium, inorganic phosphorus, magnesium.

For citation: Rakhmanov R.S., Narutdinov D.A., Bogomolova E.S., Razgulin S.A., Nepryakhin D.V., Zaitsev L.L. Assessment of the impact of the duration of work in the arctic on d-vitamin and phosphorus-calcium-magne saturation of workers' body. *Occupational Health and Human Ecology*. 2023:183-192.

For correspondence: Rofail S. Rakhmanov, professor at the Department of Hygiene, Volga Research Medical University, DSc (Medicine), professor, e-mail: raf53@mail.ru.

Financing: the study had no financial support.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interests.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10314>

На Севере экстремальные погодно-климатические, гелиофизические и психосоциальные факторы могут приводить к значительному напряжению адаптационных механизмов организма, оказывать негативное влияние на профессионально-значимые функции работающих [1-4]. Среди них – фотопериодизм и особенности питания, которые являются факторами риска развития D-витаминной недостаточности организма [5-8]. В свою очередь, витамин D тесно связан с фосфорно-кальциевым и магниевым обменом организма [9-14].

Цель работы – оценить показатели D-витаминной и связанной с ней минеральной насыщенности организма лиц различных стажевых групп, работающих в Арктике.

Материал и методы. Объект наблюдения – военнослужащие, проходящие службу по контракту, которые осуществляли профессиональную деятельность в Арктике за чертой 73° с.ш. (n=51) в летний период года (июль).

После определения длительности нахождения в данных условиях их распределили на когорты по принципу стажевых групп: до 5 лет (n=21, № 1), до 10 лет (n=30, № 2). Сравнили возраст лиц когорт наблюдения, длительность работ на открытой территории, рацион питания.

Критерием содержания витамина D в крови был продукт его промежуточного превращения - 25-ОН D, который определяли на масс-спектрометре «AB SCIEX QTRAP 5500» (Германия). Обмен кальция оценивали по ионизированному и общему кальцию. Первый исследовали на анализаторе электролитов «AVL9180», второй, а также фосфор неорганический и магний определяли с помощью анализатора «AU5800» (Abbott, США).

Первичный материал проверили на нормальность распределения, определяли средние значения (M), ошибки средних ($\pm m$). Достоверность различий для параметрических данных определяли по Стьюденту для независимых выборок при помощи программы Statistica 6.1 (достоверные при $p < 0,05$).

Результаты. Когорты наблюдения имели общий стаж профессиональной деятельности $11,7 \pm 1,0$ и $13,8 \pm 9,2$ года соответственно ($p = 0,061$), из них стаж работ в Арктике $4,1 \pm 0,2$ и $7,1 \pm 0,2$ года соответственно ($p = 0,001$). Питание лиц в обеих группах было одинаковым: через столовые подразделений по пайку №1 (общевойсковой паек) с дополнительной выдачей продуктов для лиц, работающих в районах Крайнего Севера¹⁴. Все они проживали в равных условиях: в стандартных, специально оборудованных модулях, приспособленных для северных условий. Работа проводилась по режиму: сутки через двое. В дни работ время нахождения на открытой территории составляло от 3 до 7 часов. В дни отдыха, за исключением летнего сезона, работающие на открытой территории находились минимально возможное по погодным условиям время.

При оценке средних показателей статистически значимых различий в когортах сравнения по уровням 25-ОН D, ионизированному и общему кальцию не выявили. Однако средние данные фосфора неорганического и магния у лиц второй когорты были достоверно более высокими (табл. 1).

¹⁴ Постановление Правительства РФ от 29.12.2007 г. № 946 «О продовольственном обеспечении военнослужащих и некоторых других категорий лиц, а также об обеспечении кормами (продуктами) штатных животных воинских частей и организаций в мирное время» (в редакции Постановления Правительства РФ от 18.0.2020 № 1484).

Таблица 1

Показатели D-витаминной и минеральной насыщенности организма лиц когорт сравнения, абс. вел.

Table 1

Indicators of D-vitamin and mineral saturation of the body of persons of comparison cohorts, abs. led.

№ п/п	Параметр оценки, референтные границы	Когорта наблюдения		Достоверность различий, р
		№1	№2	
1	Витамин D, 30-100 нг/мл	20,48±0,89	21,44±1,18	0,802
2	Кальций ионизированный, 1,15-1,35 ммоль/л	1,19±0,01	1,19±0,006	0,924
3	Кальций общий, 2,02-2,6 ммоль/л	2,17±0,01	2,19±0,02	0,174
4	Фосфор неорганический, 0,7-1,8 ммоль/л	0,81±0,01	0,84±0,009	0,041
5	Магний, 0,66-1,03 ммоль/л	0,73±0,01	0,776±0,02	0,038

Установили, что при меньшем стаже работ были лучшие показатели D-витаминной насыщенности организма. Так, доля лиц, у которых диагностировали дефицит, была меньше; в пределах оценки «близкое к оптимальному», наоборот, больше (табл. 2).

Таблица 2

Долевая характеристика индивидуальных показателей D-витаминной насыщенности лиц когорт сравнения, %

Table 2

Proportional characteristics of individual indicators of D-vitamin saturation of persons in comparison cohorts, %

№ п/п	Длительность работ	Содержание витамина D в крови, нг/мл	
		10-20 нг/мл (дефицит)	20-30 нг/мл (близко к дефициту)
1	№ 1	28,6	71,4
2	№ 2	46,7	53,3

При оценке индивидуальных показателей оказалось, что в когорте №1 были лица с показателями ионизированного кальция, находящимися ниже референтных границ: 19,0%. Уровни общего кальция и фосфора неорганического были в пределах границ нормы. Доля лиц с недостаточным магнием в когорте №1 достигала 28,6% против 13,3% в группе № 2, т.е. была больше в 2,2 раза.

Обсуждение. Территорию России, расположенную выше 35⁰ с.ш., относят к зоне риска по УФ-обеспеченности за счет солнечной радиации [15]. На синтез витамина D влияет и сезон года: в летний период уровень обеспеченности организма выше на 29,0-75,1% [16, 17].

Высота солнцестояния над горизонтом в Арктике обуславливает еще более высокий круглогодичный риск поступления ультрафиолетовой части спектра электромагнитных волн в этом климатическом поясе. Даже в летний период года синтез витамина значительно снижен из-за потерь УФ-лучей в связи с состоянием погоды: частой облачности и туманами [5]. Вероятно, вследствие этого была определена неудовлетворительная D-витаминная насыщенность организма лиц обеих когорт: нижние значения средних показателей выходили за границу, определяемую как «близко к дефициту» (20-30 нг/мл), а максимальные чуть превышали нижнее значение референтной границы. Оказалось, что у лиц с более длительным стажем работ в данных условиях изменения были более выраженными.

Считается, что границей, свидетельствующей о гиповитаминозе D, является концентрации 25ОН D менее 20 нг/мл, дефицит – менее 10 нг/мл, пограничная недостаточность – от 21 до 29 нг/мл [18]. В нашем исследовании дефицитные уровни 25ОН D не определялись. Гиповитаминозные состояния в первой когорте выявлены у 28,6%, во второй – у 46,7%, у остальных – пограничная недостаточность.

Роль витамина D в организме более значительна, нежели влияние на фосфорно-кальциевый обмен [19-23]. Отмечается, что только при концентрации 25ОН D в сыворотке крови, равной 30–40 нг/мл, обеспечиваются все гормональные регуляторные функции витамина D [18, 19]. В нашем случае такие уровни не достигались, что позволяет заключить о возможных клинических проявлениях, связанных с дефицитом данного витамина.

Важнейшая функция витамина D – регуляция фосфорно-кальциевого обмена организма [12, 13, 24]. Средние значения ионизированного и общего кальция, неорганического фосфора были в пределах границ нормы. Однако обращало внимание, что у всех обследованных лиц индивидуальные показатели находились в нижних зонах этих интервалов: Са ионизированный - 1,15- 1,35 ммоль/л, Са общий – 2,02-2,6 ммоль/л, Р – 0,7-1,8 ммоль/л. Оказалось, что в когорте с лучшими значениями 25ОН D были выявлены лица с низким уровнем ионизированного кальция. Следствием этого могут быть изменения в организме функций, где его роль как кофактора нарушается [25]. В ней же была на 15,3% больше доля лиц с недостаточностью магния. Среднее значение неорганического фосфора было на 3,7% ниже ($p=0,041$).

Роль кальция в организме связана с магнием: соотношение Са:Mg важно для нормальной регуляции клеточной возбудимости, а также многих процессов внутриклеточного метаболизма [14]. Магний имеет большое значение для обмена кальция и фосфора [26]. В нашем исследовании средние значения магния в каждой когорте были в пределах границ нормы. Однако в первой оно было статистически достоверно меньшим.

Установленные явления по ионизированному кальцию, фосфору неорганическому и магнию в когорте с более лучшими показателями D-витаминной насыщенности, возможно, были связаны с процессом адаптации к условиям обитания в Арктике.

Таким образом, можно полагать, что длительность работ в Арктике оказывает влияние на синтез витамина D, а также минеральный обмен связанных с ним веществ.

Поскольку исследование было проведено в период полярного дня, следует полагать, что в условиях полярной ночи эти изменения будут более выраженными.

Выводы:

1. У работающих в Арктике установлена связь между D-витаминной насыщенностью организма и длительностью трудового стажа: гиповитаминозные состояния при работе до 5 лет - у 28,6%, при работе до 10 лет - у 46,7%, пограничная недостаточность у 71,4% и у 53,3%.
2. Средние показатели ионизированного и общего кальция, фосфора неорганического, магния определялись на нижних границах референтных зон.
3. При меньшем стаже работ выявлены лица с недостаточностью ионизированного кальция, в 2,2 раза была большей доля лиц с недостаточностью магния, средние величины фосфора неорганического и магния были статистически менее значимыми, нежели у лиц с большим стажем работы.

Список литературы:

1. Полякова Е.М., Мельцер А.В. Сравнительный анализ состояния здоровья работников, выполняющих трудовые операции на открытой территории в холодный период года, по результатам анкетирования. Профилактическая медицина. 2019; 4(73): 35–44.
2. Полякова Е.М., Мельцер А.В., Чащин В.П., Ерастова Н.В. Гигиеническая оценка вклада охлаждающих метеорологических факторов в формирование профессионального риска нарушений здоровья работающих на открытой территории в холодный период года. Анализ риска здоровью. 2020; 3: 108–116. DOI:10.21668/health.risk/2020.3.13
3. Аликина В.А., Титисова Е.В., Елфимова А.Э. Адаптационный потенциал и эндокринный статус работников целлюлозно-бумажного комбината г. Архангельска. Журн. мед.-биол. исследований. 2021;9 (3):237–247. DOI: 10.37482/2687-1491-Z061.
4. Малявская С. И., Кострова Г. Н., Лебедев А.В., Гольшиева Е.В. Обеспеченность витамином D различных возрастных групп населения г. Архангельска. Экология человека. 2016;12:37-42.
5. Гудков А.Б., Попова О.Н., Небученных А.А., Богданов М.Ю. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Арктики. Обзор литературы. Морская медицина. 2017;3(1): 7- 13.
6. Бабиенко В.В., Шалыгин А.В. Оценка эффективности применения ультрафиолетового излучения для коррекции витамин Д дефицитных состояний. Современные проблемы гигиены, радиационной гигиены и экологической медицины: сборник научных статей Гродно. 2020; 10: 46-59.
7. Fraser DR. Vitamin D toxicity related to its physiological and unphysiological supply. Trends Endocrinol Metab. 2021;32(11):929-940. DOI: 10.1016/j.tem.2021.08.006.
8. Fraser DR. Physiological significance of vitamin D produced in skin compared with oral vitamin D. J Nutr Sci. 2022;11:e13. DOI: 10.1017/jns.2022.11.
9. Żmijewski M.A. Nongenomic Activities of Vitamin D. Nutrients. 2022;14(23):5104. DOI: 10.3390/nu14235104.
10. Захарова И.Н., Яблочкова С.В., Дмитриева Ю.А. Известные и неизвестные эффекты витамина D. Вопросы современной педиатрии. 2013;12(2):20-25.

11. Захарова И.Н., Мальцев С.В., Заплатников А.Л., Климов Л.Я., Пампура А.Н., Курьянинова В.А. и соавт. Влияние витамина D на иммунный ответ организма. Педиатрия. Consilium Medicum. 2020;2. URL: https://omnidocor.ru/library/izdaniya-dlya-vrachej/pediatrica-consilium-medicum/ped2020/ped2020_2/ (дата обращения: 23.03.2023).
12. Fleet J.C. The role of vitamin D in the endocrinology controlling calcium homeostasis. Mol Cell Endocrinol. 2017;453:36-45. DOI: 10.1016/j.mce.2017.04.008.
13. van Driel M., van Driel M. Vitamin D endocrinology of bone mineralization. Mol Cell Endocrinol. 2017;453:46-51. DOI: 10.1016/j.mce.2017.06.008.
14. Юрьева Э.А., Османов И.М., Воздвиженская Е.С., Шабельникова Е.И. Обмен кальция и фосфатов в норме и при патологии у детей. Практика педиатра. 2021;4: 24-30.
15. Коробицына Р.Д., Сорокина Т.Ю. Статус витамина D населения России репродуктивного возраста за последние 10 лет: систематический обзор. Российская Арктика. 2022; 18:44-55. DOI:1024412/2658-4255-2022-44-55.
16. Рылова Н.В., Мальцев С.В., Жолинский А.В. Роль витамина D в регуляции иммунной системы. Практическая медицина. 2017;5(106):10-14.
17. Кострова Г.Н., Малявская С.И., Лебедев А.В. Обеспеченность витамином D жителей г. Архангельска в разные сезоны года. Журнал медико-биологических исследований. 2022;10(1):5-14. DOI:1 0.37482/2687-1491-Z085.
18. Ланец И.Е., Гостиницева Е.В. Современные взгляды на роль витамина d в организме человека. Научное обозрение. Медицинские науки. 2022; 5: 39-45. URL: <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1288> (дата обращения: 23.03.2023)
19. Древаль А.В., Крюкова И.В., Барсуков И.А., Тевосян Л.Х. Внекостные эффекты витамина D (обзор литературы). РМЖ. 2017;1:53-56.
20. Егшатын Л.В. Неклассические эффекты витамина D. Ожирение и метаболизм. 2018; 1. URL: <https://www.omet-endojournals.ru/jour/issue/view/766> (дата обращения: 23.07.2022).
21. Николаева В.В., Терещенко Л.Ф., Волобуев В.В. Роль витамина D в развитии стоматологических заболеваний. Colloquium-journal. 2019;10. URL: <https://colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2022/05/Colloquium-journal-2019-34-3.pdf> (дата обращения: 23.03.2022).
22. Kikuta J, Ishii M. The Effects of Vitamin D on Immune System and Inflammatory Diseases. Biomolecules. 2021;11(11):1624. DOI: 10.3390/biom11111624.
23. Reddy A.M., Iqbal M., Chopra H., Urmi Sh., Junapudi S., Bibi Sh., et.al. Pivotal role of vitamin D in mitochondrial health, cardiac function, and human reproduction. EXCLI J. 2022;21:967-990. DOI: 10.17179/excli2022-4935.
24. Коденцова В.М., Бекетова Н.А., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации. Профилактическая медицина. 2018;4:32-37. DOI:10.17116/profmed201821432.
25. Берковская М.А., Кушханаишова Д.А., Сыч Ю.П., Фадеев В.В. Состояние фосфорно-кальциевого обмена у пациентов после бариатрических операций и роль восполнения дефицита витамина D в профилактике и лечении послеоперационных костно-метаболических нарушений. Ожирение и метаболизм. 2020;17(1):73-81. DOI:10.14341/omet12306.

26. Malinowska J, Małeczka-Giełdowska M, Ciepiela O. Dysmagnesemia Is the Most Common Disturbance of the Calcium-Magnesium-Phosphorous Balance among Older Hospitalized People in Warsaw. *Nutrients*. 2021;;13(10):3395. DOI: 10.3390/nu13103395.

References:

1. Polyakova E.M., Meltser A.V. *Sravnitel'ny analiz sostoyaniya zdorov'ya rabotnikov vypolnyayuschih trudovye operatsii na otkrytoy territorii v holodny period goda po rezul'tatam anketirovaniya*. [Comparative analysis of the health status of workers performing labor operations in an open area during the cold season, based on the results of a survey]. *Profilakticheskaja medicina*. [Preventive medicine]. 2019; 4(73): 35–44. (In Russ)
2. Polyakova E.M., Meltser A.V., Chashchin V.P., Erastova N.V. *Gigienicheskaya otsenka vklada ohlazhdayuschih meteorologicheskikh faktorov v formirovanie professional'nogo riska narusheniy zdorov'ya rabotayuschih na otkrytoy territorii v holodny period goda*. [Hygienic assessment of the contribution of cooling meteorological factors to the formation of the occupational risk of health disorders in workers in an open area during the cold season]. *Analiz riska zdorov'ju*. [Health risk analysis]. 2020; 3:108–116. DOI:10.21668/health.risk/2020.3.13. (In Russ)
3. Alikina V.A., Tipisova E.V., Elfimova A.E. *Adaptatsionny potentsial i endokrinny status rabotnikov tsellyulozno-bumazhnogo kombinata g. Arhangel'ska*. [Adaptation potential and endocrine status of workers of the pulp and paper mill in Arkhangelsk]. *Zhurn. med.-biol. issledovaniy*. [The journal of medico-biological research]. 2021;9(3):237–247. DOI: 10.37482/2687-1491-Z061. (In Russ)
4. Malyavskaya S. I., Kostrova G. N., Lebedev A. V., Golysheva E. V. *Obespechennost' vitaminom D razlichnyh vozrastnyh grup naseleniya g/ Arhangel'ska*. [Provision of vitamin D for different age groups of the population of Arkhangelsk]. *Ekologija cheloveka*. Human ecology. 2016;12:37-42. (In Russ)
5. Gudkov A.B., Popova O.N., Nebuchennykh A.A., Bogdanov M.Yu. *Ekologo-fiziologicheskaya harakteristika klimaticheskih faktorov Arktiki*. [Ecological and physiological characteristics of climatic factors in the Arctic]. Literature review. *Morskaja medicina*. 2017;3(1): 7-13. (In Russ)
6. Babienko V.V., Shalygin A.V. *Otsenka effektivnosti primeneniya ul'trafiioletovogo izlucheniya dlya korrleksii vitamin D defitsitnyh sostoyaniy*. [Evaluation of the effectiveness of the use of ultraviolet radiation for the correction of vitamin D deficiency states]. *Sovremennye problemy gigieny, radiacionnoj gigieny i jekologicheskoy mediciny: sbornik nauchnyh statej Grodno*. [Modern problems of hygiene, radioactive hygiene and ecological medicine]. 2020; 10:46-59. (In Russ)
7. Fraser DR. Vitamin D toxicity related to its physiological and unphysiological supply. *Trends Endocrinol Metab*. 2021;32(11):929-940. DOI: 10.1016/j.tem.2021.08.006.
8. Fraser DR. Physiological significance of vitamin D produced in skin compared with oral vitamin D. *J Nutr Sci*. 2022;11:e13. DOI: 10.1017/jns.2022.11.
9. Żmijewski M.A. Nongenomic Activities of Vitamin D. *Nutrients*. 2022;14(23):5104. DOI: 10.3390/nu14235104.

10. Zakharova I.N., Yablochkova S.V., Dmitrieva Yu.A. Izvestnye i neizvestnye efekty vitamina D. [Known and unknown effects of vitamin D]. *Voprosy sovremennoj pediatrii*. [Modern pediatrics issues]. 2013;12(2):20-25. (In Russ)
11. Zakharova I.N., Maltsev S.V., Zaplatnikov A.L., Klimov L.Ya., Pampura A.N., Kuryaninova V.A. et al. *Vliyanie vitamina D na immunny otvet organizma. Pediatriya*. [Effect of vitamin D on the body's immune response]. *Pediatrija. Consilium Medicum*. 2020;2. URL: https://omnidocor.ru/library/izdaniya-dlya-vrachej/pediatriya-consilium-medicum/ped2020/ped2020_2/ (access date: 03/23/2023).
12. Fleet J.C. The role of vitamin D in the endocrinology controlling calcium homeostasis. *Mol Cell Endocrinol*. 2017;453:36-45. DOI: 10.1016/j.mce.2017.04.008.
13. van Driel M., van Driel M. Vitamin D endocrinology of bone mineralization. *Mol Cell Endocrinol*. 2017;453:46-51. DOI: 10.1016/j.mce.2017.06.008.
14. Yurieva E.A., Osmanov I.M., Vozdvizhenskaya E.S., Shabelnikova E.I. Obmen kal'tsiya i fosfatov v norme i pri patologii u detey. бмен кальция и фосфатов в норме и при патологии у детей. [Calcium and phosphate metabolism in normal and pathological conditions in children]. *Praktika pediatria*. [Pediatric practice]. 2021;4:24-30. (In Russ)
15. Korobitsyna R.D., Sorokina T.Yu. *Status vitamina D naseleniya Rossii reproductivnogo vozpasta za poslednie 10 let: sistemicheskiy obzor*. [Vitamin D status of the Russian population of reproductive age over the past 10 years: a systematic review]. *Rossijskaja Arktika*. [Russian Arktik]. 2022; 18:44-55. DOI:1024412/2658-4255-2022-44-55.
16. Rylova N.V., Maltsev S.V., Zholinsky A.V. *Rol' vitamina D v regulyatsii immunnoy sistemy*. [The role of vitamin D in the regulation of the immune system]. *Rossijskaja Arktika*. 2017;5(106):10-14. (In Russ)
17. Kostrova G.N., Malyavskaya S.I., Lebedev A.V. *Obespechennost' vitaminom D zhiteley g. Arhangel'ska v raznye sezony goda*. [Provision of vitamin D to residents of Arkhangelsk in different seasons of the year]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2022;10(1):5-14. DOI:10.37482/2687-1491-Z085. (In Russ)
18. Lanets I.E., Gostinishcheva E.V. *Sovremennye vzglyady na rol' vitamina D v organizme cheloveka*. [Modern views on the role of vitamin D in the human body]. Scientific review. *Medicinskie nauki*. 2022; 5:39-45. URL: <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1288> (date of access: 03/23/2023).
19. Dreval A.V., Kryukova I.V., Barsukov I.A., Tevosyan L.Kh. *Vnekostnye efekty vitamina D*. [Extraosseous effects of vitamin D (literature review)]. *RMZh*. 2017;1:53-56.
20. Egshatyan L.V. *Neklassicheskie efekty vitamina D*. [Non-classical effects of vitamin D]. *Obesity and metabolism*. 2018; 1. URL: <https://www.omet-endojournals.ru/jour/issue/view/766> (access date: 07/23/2022).
21. Nikolaeva V.V., Tereshhenko L.F., Volobuev. *Rol' vitamina D v razvitii stomatologicheskikh zabolovaniy*. [The role of vitamin D in the development of dental diseases]. *Colloquium-journal*. 2019;10. URL: <https://colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2022/05/Colloquium-journal-2019-34-3.pdf> (access date: 23.03.2022). (In Russ)
22. Kikuta J, Ishii M. The Effects of Vitamin D on Immune System and Inflammatory Diseases. *Biomolecules*. 2021;11(11):1624. DOI: 10.3390/biom11111624.

23. Reddy A.M., Iqbal M., Chopra H., Urmi Sh., Junapudi S., Bibi Sh., et.al. Pivotal role of vitamin D in mitochondrial health, cardiac function, and human reproduction. *EXCLI J.* 2022;21:967-990. DOI: 10.17179/excli2022-4935.
24. Kodentsova V.M., Beketova N.A., Nikitjuk D.B., Tutel'yan V.A. *Charakteristika obespechennosti vitaminami vzroslogo naseleniya Rossiiskoy Fedatsii.* [Characteristics of provision with vitamins of the adult population of the Russian Federation]. *Profilakticheskaja medicina.* [Preventive medicine]. 2018;4:32-37. DOI:10.17116/profmed201821432. (In Russ)
25. Berkovskaya M.A., Kushkhanashkhova D.A., Sych Yu.P., Fadeev V.V. *Sostoyanie fosforno-kal'tsievogo obmena u patsientov posle bariatricheskikh operatsiy i rol' vospolneniya defitsita vitamina D v profilaktike i lechenii posleoperatsionnyh kostno-metabolicheskikh narusheniy.* [The state of phosphorus-calcium metabolism in patients after bariatric surgery and the role of replenishing vitamin D deficiency in the prevention and treatment of postoperative bone-metabolic disorders]. *Overweight and metabolism.* [*Ozhirenie i metabolizm*] 2020;17(1):73-81. DOI:10.14341/omet12306. (In Russ)
26. Malinowska J, Małeczka-Giełdowska M, Ciepiela O. Dysmagnesemia Is the Most Common Disturbance of the Calcium-Magnesium-Phosphorous Balance among Older Hospitalized People in Warsaw. *Nutrients.* 2021;13(10):3395. DOI: 10.3390/nu13103395.

Поступила/Received: 28.03.2023

Принята в печать/Accepted: 11.05.2023