

**ВЛИЯНИЕ МИКРОФЛОРЫ НА СИНТЕЗ ВИТАМИНОВ**  
**(обзор литературы)**

А.М. МОРОЗОВ, Ю.Е. МИНАКОВА, И.Г. ПРОТЧЕНКО

*ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России,  
ул. Советская, д. 4, г. Тверь, Тверская обл., 170100, Россия, e-mail: ic@tvngmu.ru*

**Аннотация.** Микробиом млекопитающих обеспечивает организм-хозяин дополнительными метаболическими возможностями, включая синтез витаминов группы *B* и *K*. Продукция веществ микрофлорой происходит в определенных отделах кишечника хозяина, с разной интенсивностью в зависимости от представителя бактерий. Без индивидуального микробиома не возможна жизнедеятельность хозяина, так как метаболиты, синтезируемые бактериями, активно участвуют в обменных процессах организма. Учет количества вырабатываемых витаминов микрофлорой – необходимый показатель для нормализации количества витаминов при патологических состояниях. На данный момент возможно изучение синтетической способности микробиомов в лабораторных условиях. Таким образом можно добиться максимального значения исхода продукции витаминов при идеальных условиях.

**Ключевые слова:** кишечная микрофлора, витамины, бактерии, желудочно-кишечный тракт, витамины группы *B*, витамин *K*.

**INFLUENCE OF MICROFLORA ON VITAMIN SYNTHESIS**  
**(literature review)**

A.M. MOROZOV, J.E. MINAKOVA, I.G. PROCHENKO

*Tver State Medical University, Sovetskaya Str., building 4, Tver, 170100, Russia, e-mail:ic@tvngmu.ru*

**Abstract.** The mammalian microbiome provides the host organism with additional metabolic capabilities, including the synthesis of *B* and *K* vitamins. The production of substances by microflora occurs in certain sections of the host intestine with different intensities depending on the representative of the bacteria. Without an individual microbiome, host activity is not possible, since metabolites synthesized by bacteria are actively involved in the metabolic processes of the body. Accounting for the amount of vitamins produced by microflora is a necessary indicator for normalizing the amount of vitamins in pathological conditions. At the moment, it is possible to study the synthetic ability of microbiomes in laboratory conditions. In this way, the maximum value of the output of vitamins under ideal conditions can be achieved.

**Keywords:** intestinal microflora, vitamins, bacteria, gastrointestinal tract, *B* vitamins, vitamin *K*.

Витамины – незаменимые биологически активные вещества, выполняющие роль катализаторов различных ферментных систем или входящие в состав многих ферментов. Они необходимы для нормального обмена веществ, роста и обновления тканей, биохимического обеспечения всех функций организма. Млекопитающие, в том числе и человек, не способны обеспечивать синтез витаминов, поэтому эту функцию выполняет микрофлора. Нуждается в уточнении степени вклада индивидуального микробиома в функционировании организма человека, состава микрофлоры и определение активно синтезирующих необходимые витамины микроорганизмов. Количество синтезируемых веществ микрофлорой может помочь в оптимизации терапевтических мероприятий.

В зарубежной и отечественной литературе опубликовано достаточно много результатов научных исследований состава микрофлоры человека и экспериментальных животных и её вклада в синтез витаминов, необходимых организму-хозяину для поддержания жизнедеятельности.

В открытой системе, каковой является пищеварительный тракт, осуществляется постоянное взаимодействие с различными микроорганизмами, которые поступают из внешней среды с пищей и водой. С момента рождения в слизистом барьере пищеварительного тракта расселяются до 1000 видов микроорганизмов, объединенных в микробные ассоциации. Эти микробиологические факторы способствуют поддержанию здоровья человека. В симбиотический коллектив входят не только клетки микроорганизмов, но и коллективная система их генов. Изучение микробиома стало более интенсивным благодаря развитию молекулярно-биологических методов исследования на новом технологическом уровне [6-8, 24].

Генетический потенциал микробиоты был оценен с помощью метагеномного секвенирования микробной ДНК, бактериальные компоненты были идентифицированы секвенированием *16S* рибосомальных РНК-генов. Использовались также транскриптомный и метаболомный методы анализа микробиоты,

позволившие увеличить объем информации о различных уровнях микробной физиологии [11, 14, 21, 23]. Населяющие пищеварительный тракт микроорганизмы не только синтезируют, но и утилизируют множество витаминов. Микробиота участвует в синтезе витаминов группы *B* (*B*<sub>1</sub>, *B*<sub>2</sub>, *B*<sub>6</sub>, *B*<sub>12</sub>), витамина *K*, фолиевой кислоты и др. Микробы, продуцируемые в тонком кишечнике, всасываются хорошо и эффективно проникают в кровоток, а синтезируемые в толстом кишечнике – почти не всасываются. Антибиотики, подавляющие микрофлору, снижают синтез витаминов, а создание благоприятных условий для микроорганизмов способствует активному синтезу витаминов. Такая активация осуществляется при даче пребиотиков. Бифидо- и лактобактерии стимулируют всасывание кальция, витамина *D*, железа. Кишечная палочка способствует синтезу и всасыванию витамина *K*, группы *B*, никотиновой и фолиевой кислот. Фолиевая кислота в тонкой кишке всасывается эффективно, а синтезирующийся в толстой кишке *фолат* – не утилизируется организмом, но значим для нормального состояния ДНК энтероцитов. Синтезирующие витамин *B*<sub>12</sub> микроорганизмы кишечника находятся и в тонкой, и в толстой кишке. Этот витамин и фолиевая кислота обеспечивают стабильность клеточной ДНК, а их дефицит способствует канцерогенезу, вызывая, в частности, опухоли толстой кишки. Витамин *K*, филохинон – вырабатываются из продуктов растительного происхождения. Нехватка витамина *K* плохо восполняется диетой, если активность микрофлоры снижена [2, 3, 6, 8].

Бифидобактерии вырабатывают молочную кислоту и ацетат, создавая кислую среду до 5,3-5,6, защищая человека от экзогенных патогенных микроорганизмов. Симбионтная микрофлора продуцирует ингибиторы роста патогенных бактерий (бактериоцины, лизоцимы, перекись водорода, антимикробные пептиды), обеспечивающие бактерицидный и бактериостатический эффект, наряду с летучими жирными кислотами [5, 7]. Бифидобактерии, лактобактерии и бактероиды обеспечивают противовоспалительный эффект, что доказано в эксперименте на животных [22, 27].

Важной функцией микрофлоры является стимуляция иммунитета. Слизистая оболочка толстой кишки содержит макрофаги, лимфоциты, плазматические клетки. Такое состояние хронического воспаления формируют клеточные образования, препятствующие действию патогенной флоры. При этом синтезируются секреторные антитела, активируются различные клоны лимфоцитов, в том числе регуляторные клетки. Нарушение этих взаимоотношений чревато развитием аутоиммунных, аллергических и воспалительных процессов [9, 13, 16].

Желудочно-кишечный микробиом представляет собой совокупность бактерий, архей, грибов, простейших и вирусов, обитающих в кишечнике всех млекопитающих. Микрофлора живет вместе с человеком в симбиотических отношениях и меняется с возрастом хозяина. Микробиомы каждого человека уникальны и формируются с младенчества. Уже с 6 месяцев формируется более взрослый биом, в котором преобладают такие типы бактерий, как *Firmicutes*, *Bacteroidates*, *Actinobacteria*, *Fusobacteria* и *Proteobacteria* [10, 12, 17].

Микрофлора кишечника является важной составляющей человеческого организма, так как выполняет множество жизненно важных функций, таких как производство бутиратов (питание колоноцитов), предотвращение колонизации хозяина патогенными микроорганизмами путем производства антимикробных веществ (бактериоцинов), переваривание растительного материала, которое не может расщепить желудочно-кишечный тракт организма-хозяина (целлюлоза у человека) и, конечно, производство необходимых для нормального функционирования хозяина витаминов группы *B* и витамина *K* [18].

Витамин *B*<sub>1</sub> (*Thiaminpyrophosphate*) продуцируется следующими представителями микрофлоры: *Bacteroides fragilis*, *Prevotella copri*, *Clostridium difficile*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus fermenti*, *Lactobacillus plantarum*, *Ruminococcus lactaris*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Fusobacterium varium*. Количество его продукции в лабораторных условиях составляет 3 мкг/гр сухого вещества (синтез витамина представителями *Lactobacillus fermenti*) [25]. Всасывание происходит в проксимальной части тонкой кишки и в толстой кишке. Организм человека в норме нуждается в 1,1-1,2 мг/день данного витамина [26]. При недостатке витамина *B*<sub>1</sub> наблюдается полиневрит (воспаление нервов), потеря кожной чувствительности, расстройство двигательной системы, исхудание организма, паралич конечностей (болезнь бери-бери). Он содержится в продуктах животного и растительного происхождения, зернах овса, гречи, ржи, риса, пшеницы, печени, дрожжах, свинине, говядине, желтке, орехах, бобовых растениях, ржаном и пшеничном хлебе грубого помола [1].

Витамин *B*<sub>2</sub> (*Flavinadenine dinucleotide (FAD) Flavin mononucleotide (FMN)*) продуцируется *Bacteroides fragilis*, *Prevotella copri*, *Clostridium difficile*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum* и *Ruminococcus lactaris*. Количество его продукции в лабораторных условиях сильно варьирует и дать точной оценки на данный момент невозможно. Всасывание происходит в тонкой и толстой кишке. Потребность витамина в день составляет 1,0-1,3 мг/день. Витамин *B*<sub>2</sub> необходим для роста организма, участвует в процессах биологического окисления, способствует заживлению ран, обеспечивает световое и цветное зрение, усиливает образование гемоглобина, предохраняет от легочных заболеваний. Он содержится почти во всех животных тканях и растениях; сравнительно высокие концентрации его обнаружены в

дрожжах. Из пищевых продуктов витамином *B2* богаты хлеб (из муки грубого помола), семена злаков, яйца, молоко, мясо, свежие овощи, рыба, горох [1, 20, 26].

Витамин *B3* (*Nicotinic acid, Nicotinamide*) продуцируется *Bacteroides fragilis, Prevotellacopri, Ruminococcus lactaris, Clostridium difficile, Bifidobacterium infantis, Helicobacter pylori* и *Fusobacterium varium*. Количество его продукции в лабораторных условиях  $1,12 \times 10^6$  мкг/сут (синтез представителями *E. coli*). Всасывание происходит в тонкой кишке. Потребность этого витамина 11-12 мг/ день. Витамин *B3* обладает противовоспалительными свойствами, модулируя иммунные клетки хозяина и играя важную роль в поддержании иммунологического гомеостаза. Дефицит витамина *B3* вызывает пеллагру, которая характеризуется воспалением кишечника, диареей, дерматитом и деменцией. Большое количество витамина *PP* находится в рисовых отрубях, где его содержание доходит до 100 мг%. В дрожжах и пшеничных отрубях, в печени рогатого скота и свиней также содержится довольно значительное количество этого витамина [25, 26].

Витамин *B5* (*Free pantothenic acid*) продуцируется *Bacteroides fragilis, Prevotella copri, Ruminococcus lactaris, Clostridium difficile, Bifidobacterium infantis, Helicobacter pylori* и *Fusobacterium varium*. Всасывание происходит в толстой кишке. Необходимо 5,0 мг/ день. *B5* участвует в углеводном обмене, в образовании ацетилхолина в нервных клетках, в окислении конечных продуктов распада белков, жиров, углеводов. Витамин *B5* содержится в высоких концентрациях в виде *CoA* или фосфопантотеина в печени, яйцах, курице и ферментированных соевых бобах [25, 26].

Витамин *B6* (*Pyridoxal phosphate (PLP)*) продуцируется *Bacteroides fragilis, Prevotella copri, Bifidobacterium longum, Collinsella aerofaciens* и *Helicobacter pylori*. Всасывание происходит в толстой кишке [20]. Его суточная потребность 1,3-1,7 мг [26]. Витамин *B6* влияет на белковый обмен: участвует в реакциях синтеза и расщепления. Влияет на функцию нервной системы, на работу вестибулярного аппарата. Витамин *B6* обуславливает устойчивость организма к воздушной и морской болезни [12]. Витамин *B6* богаты: рыба, курица, тофу, батат и авокадо.

Витамин *B7* (*Free Biotin*) продуцируется *Bacteroides fragilis, Lactobacillus helveticus, Fusobacterium varium, Campylobacter coli*. [26]. Количество его продукции в лабораторных условиях  $4,67264 \times 10^{-6}$  мкг/день (синтез-представителями *E. coli*). Представленные данные были подсчитаны с помощью формулы и данных, представленных в исследовании Стефании Магнусдоттир [25]. Концентрация витамина внутри клетки *E. coli*  $\times$  (Вес бактерий)  $\times$  (Атомная масса бактерий) = Количество производимого витамина бактериями.

Количество биотина =  $40 \text{ мкм} \times 4,89 \times 10^{-13} \text{ г} \times 244 = 4,67264 \times 10^{-6}$  мкг/день. Всасывание происходит в толстой и тонкой кишке [4]. Его суточная потребность 30 мкг. Биотин является кофактором для карбоксилаз, необходимых для метаболизма глюкозы, аминокислот и жирных кислот; влияет на иммунометаболизм; обладает противовоспалительным действием. Витамин *H* содержится в дрожжах, томатах, печени, почках, яичном желтке [26].

Витамин *B9* (*Tetrahydrofolate*) продуцируется *Bacteroides fragilis, Prevotella copri, Clostridium difficile, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus, Lactobacillus reuteri, Streptococcus thermophiles, Bifidobacterium pseudocatenulatum, Bifidobacterium adolescentis, Fusobacterium varium, Salmonella enterica*. Всасывание происходит в тонкой и толстой кишке. Суточная потребность 400 мкг. Фолиевая кислота является одним из ферментов синтеза аминокислот и участвует в обмене холина, влияет на кроветворение, стимулирует образование эритроцитов и лейкоцитов, снижает содержание холестерина в крови. Содержится в говяжьей печени, зеленых листовых овощах и спарже [1,4,20].

Витамин *B12* (*Cyanocobalamin*) продуцируется *Actinobacterium (Propionibacterium freudenreichii), Proteobacteria (Pseudomonas spp, Klebsiella spp, Citrobacter freundii)*. Количество его продукции в лабораторных условиях около 2-2,4 мкг / день. Всасывание происходит в подвздошной кишке. Суточная потребность – 5 мкг. Витамин *B12* входит в состав многих ферментов, участвует в обмене нуклеиновых кислот, тормозит образование холестерина, необходим для обмена веществ в головном мозге, поддерживает защитную функцию печени, нормализует содержание лейкоцитов, влияет на образование эритроцитов. Синтезируется лучистыми грибами и сине-зелеными водорослями, накапливается в печени (особенно у осетра и судака) и в почках [1, 12].

Витамин *K2* (*Menaquinone*) продуцируется *Proteobacterium (Escherichia coli, Klebsiella pneumonia), Bacteroides (Bacteroides fragilis, Bacteroides disiens, Bacteroides bivius), Prevotella, Propionibacterium, Eubacterium, Arachnia propionica* и *Veillonella parvula* [10, 19, 28]. Количество его продукции в лабораторных условиях варьиabelно, в зависимости от состава микрофлоры – количественного состава *Bacteroides* и *Prevotella*). Более 8,85 мкг / г сухого веса. Всасывается энтероцитами тонкой кишки в виде смешанной мицеллы. Суточная потребность 90-120 мкг. Необходим для синтеза протромбина в печени, поэтому его называют фактором свертывания крови. Содержится в зеленых листьях растений (каштана, сои, свежей капусты, шпината), в незрелых томатах, крапиве, сосновых и еловых иголках, в печени свиньи [1, 10, 15].

Таким образом, можно убедиться, что микрофлора синтезирует девять витаминов в достаточном количестве, которые сам организм хозяина может получить только с пищей или при всасывания через толстую или тонкую кишку продуктов синтеза микрофлоры.

В настоящее время количественные данные о синтезе витаминов микрофлорой можно получить при изолированном изучении представителей микрофлоры *in vitro*. При таком способе изучения невозможно проследить воздействие различных факторов внешней и внутренней среды, как на активность синтеза витаминов, так и на состояние микрофлоры определенного индивида. Количество синтезированных витаминов может варьировать под действием множества факторов: пол хозяина, образ жизни, питание, патологические состояния, определенный состав микрофлоры каждого индивида. Так же количество синтезированных витаминов и их поступление в кровь хозяина – различны, так как всасывание веществ происходит не на всем протяжении кишечника хозяина, а в разных его отделах и с разной интенсивностью.

Из полученных данных можно утверждать, что микрофлора может покрыть большую часть суточной потребности витамина и при особых условиях может покрыть ее полностью. Полное отсутствие микробиома может привести к значительным нарушениям обмена веществ, вплоть до летального исхода организма-хозяина, так как витамины являются кофакторами большинства реакций обменного характера. При недостатке ферментов реакции замедляются или перестают протекать [25].

Знание о количестве витаминов, которые могут поставляться микрофлорой, может помочь рассчитать недостаток необходимых витаминов, избежать их передозировки при дополнительном введении и держать показатели в норме при различных патологических изменениях.

**Заключение.** Кишечная микрофлора – мало изученный раздел медицины. Её роль в синтезе витаминов огромна, так как микробиом является поставщиком незаменимых представителей витаминов группы *B* и *K*. Изучение количества синтеза веществ может помочь в будущем изменять уровень витаминов в организме при нарушениях с помощью самой микрофлоры и воздействия на нее, а не посредством введения витаминов извне. Микрофлора каждого человека уникальна, но при выявлении закономерностей синтеза определенных витаминов отдельными видами микробиома можно будет прогнозировать количество выделяемого микрофлорой витамина у отдельного индивида.

#### Литература

1. Адрианов Н.В. Общая информация о витаминах // Электронная Медицина. 2016. Т.10, №4. С. 356
2. Бельмер С.В. Роль кишечной микрофлоры в обеспечении организма фолиевой кислотой, витаминами *B12* и *K* // Вопросы современной педиатрии. 2005. Т. 4, № 5. С. 74–76
3. Воробьев А.А. Бактерии нормальной микрофлоры: биологические свойства и защитные функции // ЖМЭИ. 1999. № 6. С. 102–105.
4. Кожевникова Е.Н., Елезова Л.И., Николаева С.В. Микрофлора кишечника как орган иммунитета // Педиатрия. 2014. Т. 91, № 3. С. 15–19.
5. Кучумова С.Ю., Полуэктова Е.А., Шептулин А.А. Физиологическое значение кишечной микрофлоры // РЖГГК. 2011. Т. 21, № 5. С. 17–27.
6. Ширококов В.П., Янковский Д.С., Дымонт Г.С. Мікробна екологія людини: навч. посіб. К.: ТОВ «Червона Рута-Турс», 2011. 411 с.
7. Янковский Д.С., Ширококов В.П., Дымонт Г.С. Интегральная роль симбиотической микрофлоры в физиологии человека. К.: ТОВ «Червона Рута-Турс», 2011. 160 с.
8. Янковский Д.С., Дымонт Г.С. Микрофлора и здоровье человека. К.: ТОВ «Червона Рута-Турс», 2008. 552 с.
9. Atarashi K., Tanoue T., Oshima K. Treg induction by a rationally selected mixture of Clostridia strains from the human microbiota // Nature. 2013. Vol. 500. P. 232–236.
10. Barko P.C., McMichael M.A., Swanson K.S., Williams D.A. The Gastrointestinal Microbiome: A Review // J Vet Intern Med. 2018. Vol. 32(1) P. 9–25.
11. Bassis C.M. Methods for Characterizing Microbial Communities Associated With the Human Body. In : D.N. Fredricks, editor. The Human Microbiota: How Microbial Communities Affect Health and Disease. John Wiley & Sons, Inc.; Hoboken, New Jersey. 2013. P. 51–74.
12. BhawaniChamlagain, Tessa A. Sugito, Paulina Deptula, MinnamariEdelmann, Susanna Kariluoto, PekkaVarmanen, VienoPiironen. In situ production of active vitamin *B12* in cereal matrices using *Propionibacteriumfreudenreichii* // Food SciNutr. 2018. Vol.6(1) P.67–76.
13. Chung H. Gut immune maturation depends on colonization with a host-specific microbiota // Cell. 2012. Vol. 149. P. 1578–1593.
14. Di Bella J.M. High throughput sequencing methods and analysisfor microbiome research // Journal of microbiological methods. 2013. Vol. 95, № 3. P. 401–414.
15. Duda-Chodak A., T. Tarko, P. Satora, P. Sroka. Interaction of dietary compounds, especially polyphenols, with the intestinal microbiota: a review // European journal of nutrition 2015. Vol. 53(3) P. 325–341.

16. Fukuda S. Bifidobacteria can protect from enteropathogenic infection through production of acetate // *Nature*. 2011. Vol. 469. P. 543–547
17. HasanMohajeri M., Robert J. M. Brummer, Robert A. Rastall, Rinse K. Weersma, Hermie J. M. Harmsen, MarijkeFaas, Manfred Eggersdorfer. The role of the microbiome for human health: from basic science to clinical applications // *Eur J Nutr*. 2018. Vol. 57(1). P. 1–14.
18. Irene Hanning, Sandra Diaz-Sanchez. The functionality of the gastrointestinal microbiome in non-human animals // *Microbiome*. 2015. Vol. 3. P. 51
19. Joline W.J. Beulens, Sarah L. Booth, Ellen G.H.M. van den Heuvel, Elisabeth Stoecklin, AthanasiaBaka and Cees Vermeer. The role of menaquinones (vitamin K2) in human health // *British Journal of Nutrition*. 2013. Vol. 110 (8) P. 1357–1368
20. Ken Yoshii, Koji Hosomi, KentoSawane, Jun Kunisawa. Metabolism of Dietary and Microbial Vitamin B Family in the Regulation of Host Immunity // *Front Nutr*. 2019. Vol. 6 P. 48
21. Kumar R. Getting started with microbiome analysis: sample acquisition to bioinformatics. Current protocols in human genetics / Editorial board. Jonathan L Haines. 2014. Vol. 82. P. 18.
22. Mazmanian S.K. A microbial symbiosis factor prevents intestinalinflammatory disease // *Nature*. 2008. Vol. 453. P. 620–625.
23. Morgan X.C. Metagenomic analytic techniques for studying the intestinal microbiome // *Gastroenterology*. 2014. Vol. 146, № 6. P. 1437–1448.
24. Robinson C.J. From structure to function: the ecology of host-associated microbial communities // *Microbiol. Mol. Biol. Rev*. 2010. Vol. 74, № 3. P. 453–476.
25. Said H.M. Intestinal absorption of water-soluble vitamins in health and disease // *Biochem J*. 2011. Vol. 437(3) P. 357–372.
26. Shearer M.J., Fu X., Booth S.L. Vitamin K nutrition, metabolism, and requirements: current concepts and future research // *AdvNutr*. 2012. Vol.3(2) P. 182–195.
27. Smith P.M. The microbial metabolites, short-chain fatty acids, regulate colonic Treg cell homeostasis // *Science*. New York, NY. 2013. Vol. 341. P. 569–573.
28. Xiaoquan Huang, Xiaowen Fan, Jun Ying, Shiyao Chen. Emerging trends and research foci in gastrointestinal Microbiome // *J Transl Med*. 2019. Vol. 17 P. 67.

#### References

1. Adrianov NV. Obshhaja informacija o vitaminah [General information about vitamins]. *ElectronicMedicine*. 2016;10(4):356. Russian.
2. Bel'mer SV. Rol' kishechnoj mikroflory v obespechenii organizma folievoj kislotoj, vitaminami V12 i K [The role of intestinal microflora in providing the body with folic acid, vitamins B12 and K]. *Voprosy sovremennoj pediatrii*. 2005;4(5):74-6. Russian.
3. Vorob'ev AA. Bakterii normal'noj mikroflory: biologičeskie svojstva i zashhitnye funkicii [Bacteria of normal microflora: biological properties and protective functions]. *ZhMJel*. 1999;6:102-5. Russian.
4. Kozhevnikova EN, Elezova LI, Nikolaev SV. Mikroflora kishechnika kak organ immuniteta [Microflora of the intestine as an immunity]. *Pediatrics*. 2014;91(3):15-9. Russian.
5. Kuchumova SJ, Polujektova EA, Sheptulin AA. Fiziologicheskoe znachenie kishechnoj mikroflory [The physiological significance of intestinal microflora]. *RZhGGK*. 2011;21(5):17-27. Russian.
6. Shirobokov VP, Jankovskij DS, Diment GS. Mikrobna ekologija ljudini: navch. Posib [Mikrobna ekologiya people]. K.: TOV «Chervona Ruta-Turs»; 2011. Russian.
7. Jankovskij DS, Shirobokov VP, Dymant GS. Integral'naja rol' simbioticheskoj mikroflory v fiziologii cheloveka [Integral role of symbiotic microflora in human physiology]. K.: TOV «Chervona Ruta-Turs»; 2011. Russian.
8. Jankovskij DS, Dymant GS. Mikroflora i zdorov'e cheloveka [Microflora and human health]. K.: TOV «Chervona Ruta-Turs»; 2008. Russian.
9. Atarashi K. Treg induction by a rationally selected mixture of Clostridia strains from the human microbiota. *Nature*. 2013;500:232-6.
10. Barko PC, McMichael MA., Swanson S., Williams DA. The Gastrointestinal Microbiome: A Review. *J Vet Intern Med*. 2018; 32(1):9-25.
11. Bassis CM, Young VB., Schmidt TM. Methods for Characterizing Microbial Communities Associated With the Human Body. In : D.N. Fredricks, editor. *The Human Microbiota: How Microbial Communities Affect Health and Disease*. John Wiley & Sons, Inc.; Hoboken, New Jersey. 2013.
12. BhawaniChamlagain, Tessa A. Sugito, Paulina Deptula, MinnamariEdelmann, Susanna Kariluoto, PekkaVarmanen, VienoPiironen. In situ production of active vitamin B12 in cereal matrices using *Propionibacteriumfreudenreichii*. *Food SciNutr*. 2018;6(1):67-76.

13. Chung H., Pamp SJ, Hill JA. Gut immune maturation depends on colonization with a host-specific microbiota. *Cell*. 2012;149:1578-93.
14. Di Bella JM, Bao Y, Gloor GB. High throughput sequencing methods and analysis for microbiome research. *Journal of microbiological methods*. 2013;95(3):401-14.
15. Duda-Chodak A, Tarko T, Satora P, Sroka P. Interaction of dietary compounds, especially polyphenols, with the intestinal microbiota: a review. *European journal of nutrition* 2015;53(3):325-41
16. Fukuda S., Toh H. Hase K. Bifidobacteria can protect from enteropathogenic infection through production of acetate. *Nature*. 2011;469:543-7
17. HasanMohajeri M, Robert JM. Brummer, Robert A. Rastall, Rinse K. Weersma, Hermie M. Harmsen, MarijkeFaas, Manfred Eggersdorfer. The role of the microbiome for human health: from basic science to clinical applications. *Eur J Nutr*. 2018;57 (1):1-14.
18. Irene Hanning, Sandra Diaz-Sanchez. The functionality of the gastrointestinal microbiome in non-human animals. *Microbiome*. 2015;3:51
19. Joline WJ. Beulens, Sarah L. Booth, Ellen GHM. van den Heuvel, Elisabeth Stoecklin, AthanasiaBaka and Cees Vermeer. The role of menaquinones (vitamin K2) in human health. *British Journal of Nutrition*. 2013;110(8):1357-68
20. Ken Yoshii, Koji Hosomi, KentoSawane, Jun Kunisawa. Metabolism of Dietary and Microbial Vitamin B Family in the Regulation of Host Immunity. *Front Nutr*. 2019;6:48
21. Kumar R, Eipers P, Little RB. Getting started with microbiome analysis: sample acquisition to bioinformatics. *Current protocols in human genetics*. Editorial board. Jonathan L Haines. 2014;82:18.
22. Mazmanian SK, Round JL, Kasper DL. A microbial symbiosis factor prevents intestinal inflammatory disease. *Nature*. 2008;453:620-5.
23. Morgan XC., Huttenhower C. Metagenomic analytic techniques for studying the intestinal microbiome. *Gastroenterology*. 2014;146(6):1437-48.
24. Robinson CJ, Bohannan BJ, Young VB. From structure to function: the ecology of host-associated microbial communities. *Microbiol. Mol. Biol. Rev*. 2010;74(3):453-76.
25. Said HM. Intestinal absorption of water-soluble vitamins in health and disease. *Biochem J*. 2011;437(3):357-72.
26. Shearer MJ, Fu X, Booth SL. Vitamin K nutrition, metabolism, and requirements: current concepts and future research. *AdvNutr*. 2012;3(2): 182-95.
27. Smith PM, Howitt MR, Panikov N. The microbial metabolites, short-chain fatty acids, regulate colonic Treg cell homeostasis. *Science*. New York, NY. 2013;341:569-73.
28. Xiaoquan Huang, Xiaowen Fan, Jun Ying, Shiyao Chen. Emerging trends and research foci in gastrointestinal Microbiome. *J Transl Med*. 2019;17:67.

---

**Библиографическая ссылка:**

Морозов А.М., Минакова Ю.Е., Протченко И.Г. Влияние микрофлоры на синтез витаминов (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2019. №6. Публикация 3-10. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-6/3-10.pdf> (дата обращения: 16.12.2019). DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16575.\*

**Bibliographic reference:**

Morozov AM, Minakova JE, Prochenko IG. Vlijanie mikroflory na sintez vitaminov (obzor literatury) [Influence of microflora on vitamin synthesis (literature review)]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. 2019 [cited 2019 Dec 16];6 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-6/3-10.pdf>. DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16575.

\* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2019-6/e2019-6.pdf>