

**М.Д. Ардатская**

Федеральное государственное учреждение
«Учебно-научный медицинский центр» Управления
делами Президента Российской Федерации

Метаболические эффекты пищевых волокон. Пути использования в клинической медицине

Ключевые слова

Пищевые волокна, продукты питания, метаболизм, желудочно-кишечный тракт, ожирение, «Мукофальк».

Термин «пищевые (диетические) волокна» (ПВ) впервые введен в научный обиход Е.Н. Hipsley в 1953 году. Наиболее приемлемым следует считать определение ПВ как суммы полисахаридов и лигнина, которые не перевариваются эндогенными секретами пищеварительного канала (ПК) человека (Н.С. Trowell, D.P. Burkitt, 1987).

История концепции ПВ берет свое начало во времена Гиппократы, который в 430 г. до н.э. описал слабительный эффект пшеничных отрубей. «Ренессанс» клетчатки приходится на конец 60-х — начало 70-х годов прошлого века, когда выяснилось, что в странах, где население потребляет большое количество пищевых волокон, значительно реже встречаются рак и другие заболевания толстой кишки, а больные с дивертикулезом толстой кишки, вопреки общему мнению, лучше чувствуют себя на диете богатой, а не бедной клетчаткой. В этот период появилось множество исследований химических и физико-химических свойств ПВ, их содержания в разных рационах, физиологических эффектов и пр.

Термины, относящиеся к пищевым волокнам

Грубые волокна. Это часть пищевой субстанции, остающаяся после обработки кипящей серной кислотой, щелочью, водой, алкоголем и эфиром. Хотя она может включать некоторые трудно растворимые гемицеллюлозоподобные вещества, эта часть главным образом является мерой содержания целлюлозы в пище. Грубые

волокна потребляются невегетарианцами в количестве 8–12 г/сут, потребность для взрослых составляет 6 г.

Диетические волокна. Они упоминаются также как очищенные диетические волокна и очищенные растительные волокна. Это часть растительных веществ рациона, резистентная к воздействию секретов ПК. Дополненная к целлюлозе и лигнину, она включает определенные гетерополисахариды, классифицируемые как гемицеллюлозы и пектины.

Неочищенные растительные волокна называются также неочищенными диетическими волокнами. Это любые волокнистые вещества в натуральном состоянии со всеми ингредиентами клеточных стенок: полисахаридами, лигнином, кутинами, минеральными веществами, не утилизируемыми липидами и др. Термин может быть использован по отношению к неочищенной фракции волокон люцерны, пшеницы и других зерновых, фруктов, овощей.

Синтетические непищевые волокна. Эта часть ПВ обычно не употребляется человеком и включает целлофан, высокоочищенную целлюлозу из древесной массы и др.

Остатки. Твердая часть фекалий, состоящая из непереваренных и невсосавшихся частей пищи, продуктов метаболизма и бактерий.

Химия пищевых волокон

Растения синтезируют из простых сахаров несколько углеводных полимеров. Крахмал — запасной источник энергии растений, почти полностью переваривается и адсорбируется в верх-

них отделах кишечника человека. Лишь малая часть крахмала, окруженная волокнистой тканью, проходит до слепой кишки. Волокнистые и клейкие полисахариды придают растениям их структуру и форму. Они не перевариваются в тонкой кишке, проходя неизменными в толстую кишку, где ферментируются в разной степени. Эти полисахариды и принято считать ПВ.

В структуре первичной и вторичной клеточной стенки растений пространство между элементарными фибриллами целлюлозы заполняют гемицеллюлозы и неуглеводное вещество лигнин. Макромолекулярными компонентами стенки являются волокнистые полисахариды (в основном целлюлоза), межклеточные полисахариды (пектиновые субстанции, гемицеллюлозы и гликопротеины) и отвердевающие полисахариды. Молодые, развивающиеся ткани растений в основном состоят из полисахаридов и белковых веществ. По мере роста происходит формирование лигнина. Компоненты ПВ представлены в табл 1.

Существуют такие основные типы ПВ:

- Крахмал
- Некрахмальные полисахариды
 - Целлюлоза
 - Нецеллюлозные полисахариды:
 - гемицеллюлоза;
 - пектиновые вещества;
 - камеди;
 - слизи;
 - запасные полисахариды, подобные инулину и гуару.
- Лигнин

Химический анализ показал, что ПВ в основном представлены некрахмальными полисахаридами. Лигнин не является углеводом и его следует рассматривать как отдельное волокно. Он содержит группу полифенололов с различной молекулярной массой.

Классификации ПВ

В настоящее время существует несколько различных классификаций ПВ, основанные на физико-химических свойствах, методах выделения из сырья, степени микробной ферментации и медикобиологических эффектах.

Классификация пищевых волокон

По химическому строению

1. Полисахариды: целлюлоза и ее дериваты, гемицеллюлоза, пектины, камеди, слизи и др.
2. Неуглеводные ПВ — лигнин.

По сырьевым источникам

1. Традиционные: ПВ злаковых, бобовых растений, овощей, корнеплодов, фруктов, ягод, цитрусовых, орехов, грибов, водорослей.
2. Нетрадиционные: ПВ лиственной и хвойной древесины, стеблей злаков, тростника, трав.

По методам выделения из сырья

1. Неочищенные ПВ.
2. ПВ, очищенные в нейтральной среде.
3. ПВ, очищенные в кислой среде.
4. ПВ, очищенные в нейтральной и кислой среде.
5. ПВ, очищенные ферментами.

Таблица 1. Компоненты пищевых волокон, признаны большинством исследователей (по J.M. Talbot, 1981)

Фракция	Основные составные части
Целлюлоза (клетчатка)	Полисахариды клеточной стенки, неразветвленные полимеры глюкозы
Грубые волокна	
Лигнин	Неуглеводные вещества клеточной стенки, фенилпропановые полимеры
Гемицеллюлозы	Полисахариды клеточной стенки, дериваты разных пентоз и гексоз
Пектины	Полимеры галактуронової кислоти с пентозними и гексозними боковими цепями, содержащиеся в клеточной стенке
Добавочные субстанции	
Камеди	Не содержатся в клеточной стенке; комплекс полисахаридов, включающий глюкуроновую и галактуроновую кислоты, ксилозу, арабинозу, маннозу
Слизи	Не содержатся в клеточной стенке; комплекс полисахаридов, некоторые являются полисахаридами запаса (гуар)
Полисахариды водорослей	Высококомплексированные полимеры

Предложенные для включения в группу ПВ:

- неперевариваемые запасные полисахариды;
- неперевариваемые растительные белки;
- хитины грибов;
- связанные неперевариваемые минеральные вещества, воски, др. субстанции.

По водорастворимости

1. Водорастворимые: пектин, камеди, слизи, некоторые дериваты целлюлозы.
2. Водонерастворимые: целлюлоза, лигнин.

По степени микробной ферментации в толстой кишке

1. Почти (или) полностью ферментируемые: пектин, камеди, слизи, гемицеллюлозы.
2. Частично ферментируемые: целлюлоза, гемицеллюлоза.
3. Неферментируемые: лигнин.

Классификация ПВ по основным медико-биологическим эффектам

- Ускоряющие наступление и повышающие чувство насыщения: гелеформирующие ПВ (пектин, гуар и др.).
- Ингибирующие эвакуаторную функцию желудка: вязкие ПВ (гуар и др.).
- Стимулирующие моторную функцию толстой кишки: аморфные ПВ (из свекольных выжимок и др.).
- Увеличивающие массу фекалий и соответственно частоту дефекаций за счет:
 - удержания воды в просвете толстой кишки (ПВ пшеницы, бобовых);
 - возрастания массы микрофлоры толстой кишки (ПВ капусты и др.).
- Сорбирующие желчные кислоты: гуар, лигнин, целлюлоза, пектин.
- Сорбирующие холестерин: гуар, целлюлоза, пектин.
- Замедляющие всасывание углеводов: пектин, гуар.
- Преобразуемые бактериями кишечника в лигнины, блокирующие рецепторы к эстрогенам (ПВ злаковых).
- Оказывающие антиоксидантное действие: лигнин.

Содержание ПВ**в различных продуктах питания**

Интерес диетологов к ПВ побудил химиков в 60–70-е годы к анализу растительных продуктов питания на содержание ПВ. Содержание ПВ в некоторых продуктах переработки хлебных злаков, фруктах и овощах представлено в табл. 2, 3.

Использование традиционных и новых, выведенных селекционерами сортов злаковых, овощей, фруктов и ягод, получение ПВ из нетрадиционных источников обусловили интерес исследователей к данной проблеме.

Необходимо отметить тенденцию к снижению потребления ПВ во всех развитых странах. При этом мужчины в среднем потребляют ПВ больше, чем женщины.

По мнению большинства специалистов, в суточном рационе взрослого человека должно содержаться не менее 30–45 г ПВ. В нашей стране суточная потребность населения в клетчатке и пектине практически во всех регионах удовлетворяется лишь на треть.

Преобразование ПВ в пищеварительном канале человека и их основные физические и метаболические эффекты**Физико-химические эффекты ПВ**

Важное свойство ПВ заключается в том, что они устойчивы к действию амилазы и других ферментов и поэтому в тонкой кишке не всасываются.

Это свойство обеспечивает их своеобразное физико-химическое действие:

- при прохождении по кишечнику ПВ формируют матрикс фиброзного или аморфного характера по типу «молекулярного сита», физико-химические свойства которого обуславливают водоудерживающую способность, катионообменные и адсорбционные свойства, чувстви-

Таблица 2. **Содержание ПВ в некоторых продуктах переработки хлебных злаков (по С.Г. Вайнштейну, 1994)**

Продукт	Содержание ПВ в 100 г продукта, г	Содержание компонентов ПВ, %		
		Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин
Белая мука (72 %)	3,5	19	80	1
Темная мука (90–95 %)	8,7	18	724	10
Непросеянная мука (100 %)	11,5	20	74	6
Отруби отработанные	30,6	16	75	9
Отруби грубые	43,0	18	74	7
Овсяная крупа	7,2	12	83	6
Рис	2,7	22	78	Следы
Рожь	12,7	11	71	18

Таблиця 3. **Содержание ПВ в некоторых овощах, съедобной части фруктов и ягод (по С.Г. Вайнштейну, 1994)**

Продукт	Содержание ПВ в 100 г продукта, г		Содержание компонентов ПВ, %		
	Сырая масса	Сухая масса	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин
Капуста брюссельская	4,2	35,5	25	72	3
Капуста зимняя	3,4	24,4	25	62	13
Капуста белая	2,7	27,4	23	66	11
Лук	1,3	18,1	26	74	Следы
Горох мороженный	7,8	37,1	27	69	2
Горох стручковый	6,3	47,6	39	61	Следы
Морковь	2,9	28,4	40	60	Следы
Брюква	3,4	22,1	33	67	Следы
Картофель	3,4	14,1	29	71	Следы
Яблоки свежие	1,4	9,2	33	66	1
Бананы	1,8	6,0	21	64	15
Вишня	1,2	6,7	20	74	6
Грейпфруты	0,4	2,4	9	78	13
Апельсины	1,9	13,7	14	71	15
Груша	2,4	14,7	28	54	18
Слива	1,5	9,3	15	65	20
Клубника	2,1	19,1	16	46	38

тельность к бактериальной ферментации в толстой кишке;

- наличие у ПВ гидроксильных и карбоксильных групп способствует, кроме гидратации, ионообменному набуханию;

- способность к набуханию, то есть к удержанию и последующему выведению воды из организма, в большей степени выражена у аморфных ПВ;

- это свойство ПВ способствует ускоренному кишечному транзиту, увеличению влажности и массы фекалий и снижению напряжения кишечной стенки (Gubney, 1986);

- в желудке под влиянием ПВ замедляется эвакуация пищи, что создает более длительное чувство насыщения, ограничивает потребление высокоэнергетизированной пищи и способствует снижению избыточной массы тела.

Превращение ПВ

Деградация ПВ происходит под воздействием микрофлоры макроорганизма.

Локальные и системные функции микробиоты (по В.Н. Бабину, О.Н. Минушкину, А.В. Дубинину и др., 1998)

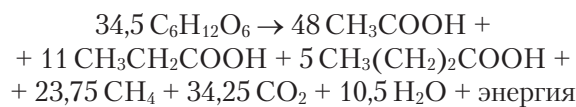
1. Трофические и энергетические функции — тепловое обеспечение организма.
2. Энергообеспечение эпителия.

3. Регулирование перистальтики кишечника.
4. Участие в регуляции дифференцирования и регенерации тканей, в первую очередь — эпителиальных.
5. Поддержание ионного гомеостаза организма.
6. Детоксикация и выведение эндо- и экзогенных ядовитых соединений, разрушение мутагенов, активация лекарственных соединений.
7. Образование сигнальных молекул, в том числе нейротрансмиттеров.
8. Стимуляция иммунной системы.
9. Стимуляция местного иммунитета, образование иммуноглобулинов.
10. Обеспечение цитопротекции.
11. Повышение резистентности эпителиальных клеток к мутагенам (канцерогенам).
12. Ингибирование роста патогенов.
13. Ингибирование адгезии патогенов к эпителию.
14. Перехват и выведение вирусов.
15. Поддержание физико-химических параметров гомеостаза приэпителиальной зоны.
16. Поставка субстратов глюконеогенеза.
17. Поставка субстратов липогенеза.
18. Участие в метаболизме белков.
20. Участие в рециркуляции желчных кислот, стероидов и других макромолекул.

21. Хранилище микробных, плазмидных и хромосомных генов.
22. Регуляция газового состава полостей.
22. Синтез и поставка организму витаминов группы В, в частности пантотеновой кислоты и др.

Хотя ПВ и резистентны к гидролизу пищеварительными ферментами, их компоненты не обнаруживаются в кале, т. к. подвергаются воздействию кишечных бактерий. Пектин и большая часть гемицеллюлоз, составляющих значительную часть ПВ злаковых растений, разрушаются полностью. Только лигнин и в меньшей степени целлюлоза резистентны к бактериальному воздействию и переходят в фекалии. Преобладающие в толстой кишке анаэробные микроорганизмы (*Bacteroides*, *Clostridium*, *Fusobacterium*, *Bifidobacterium*) являются сахаролитиками и способны переварить многие виды некрахмальных полисахаридов. При электронной сканирующей микроскопии отмечено, что волокна, обнаруженные в фекалиях, плотно окружены бактериями и вокруг бактерий имеются зоны разрушения клеточных стенок.

По результатам изучения рубца (первого отдела желудка жвачных животных) и толстой кишки человека, которые в отношении метаболизма могут быть сопоставимы, выведено уравнение ферментации в кишечнике человека:



Во время ферментации в больших количествах вырабатывается водород, который экскретируется. У 30–40 % людей продуцируется метан. К важнейшим продуктам ферментации относятся короткоцепочечные жирные кислоты (КЖК), газы, энергия (рис. 1).

Основные низкомолекулярные метаболиты, продуцируемые индигенной микрофлорой

- Газы:
 - H₂;
 - CO₂;
 - CH₄;
 - NH₃;
 - NO.
- Монокарбоновые кислоты и их соли:
 - уксусная;
 - пропионовая;
 - масляная;
 - изомасляная;
 - валериановая;
 - изовалериановая;
 - капроновая;
 - муравьиная.

- Циклические нуклеотиды:
 - цАМФ;
 - цГМФ.
- Дикарбоновая кислота: янтарная.
- Оксикислота: молочная.
- Аминокислоты:
 - β-аланин;
 - γ-аминомасляная;
 - ε-аминокапроновая;
 - глутаминовая.
- Амины:
 - гистамин;
 - серотонин;
 - глутамин.

Метаболические эффекты

После всасывания КЖК доступны аэробному метаболизму в тканях организма и являются источником энергии. При расчете энергетической ценности пищевого рациона следует иметь в виду, что некрахмальные полисахариды дают 70 % энергии углеводов.

Газообразование со всеми его последствиями считают важнейшей причиной ограничения ПВ в рационе большинства людей. Следует помнить, что источником газообразования в кишечнике могут быть не только ферментируемые микробами полисахариды, но и олигосахариды (рафиноза, стахиноза, вербаскоза), которые содержатся, например, в бобовых.

Третьим важным продуктом анаэробной ферментации полисахаридов является энергия, поглощаемая толстокишечной микрофлорой для существования и роста. У человека присутствие ферментируемых полисахаридов в рационе приводит к увеличению роста микроорганизмов в толстой кишке. Повышение экскреции азота,

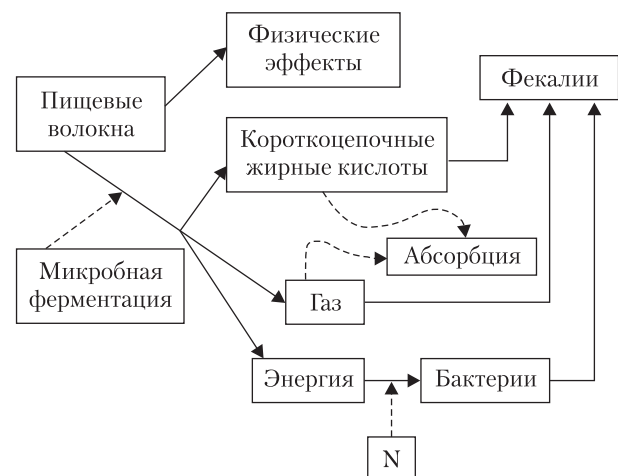


Рис. 1. Последствия метаболизма ПВ в толстой кишке (по С.Г. Вайнштейну, 1994)

наблюдаемое при добавлении некрахмальных полисахаридов в диету, частично является результатом ассимиляции азота в белок бактерий, но могут быть и другие причины этого, например, нарушение гидролиза белка.

Кроме энергетической ценности, КЖК и другие метаболиты оказывают ряд положительных местных и системных эффектов на макроорганизм (табл. 4): поставка субстратов липо- и глюконеогенеза, поддержание ионного обмена, осуществление антибактериального эффекта и блокировка адгезии патогенов, активация местного иммунитета, регуляция и дифференцирование эпителия и др.

Метаболические эффекты ПВ при различных патологиях макроорганизма

ПВ и заболевания гастродуоденальной зоны

Экспериментальные и клинические исследования выявили полезное действие ПВ у лиц с заболеваниями гастродуоденальной зоны, реализуемое несколькими путями:

- увеличение полупериода эвакуации из желудка как жидкой, так и твердой пищи (в основном пектинов), увеличение моторного индекса двенадцатиперстной кишки;
- стимуляция репаративных процессов в стенке желудка (наиболее выраженная у люцерны, эспарцета и микрокристаллической целлюлозы); восстанавливающее действие на железистый аппарат желудка (увеличение функции желез с низкой активностью до лечения и снижение секреторной функции при изначально гиперфункциональном состоянии);

- торможение секреторной активности желудочного сока;
- повышение рН в теле и антральном отделе желудка;
- уменьшение регургитации желчи в желудок посредством увеличения абсорбции желчных кислот.

Что касается предупреждения обострений язвенной болезни и удлинения сроков ремиссии, то мнения исследователей противоречивы: по данным J.Y. Kang et al. (1988), прием ПВ не вызывал снижения частоты рецидивов, однако в работах A. Rydning (1990) указано на достоверное удлинение периода ремиссии и снижение частоты обострений.

Важное значение приобретает потребление ПВ пациентами, перенесшими резекцию желудка. Благоприятное действие ПВ направлено:

- на профилактику рака ободочной и прямой кишки (воздействие на желудочную секрецию и метаболизм желчных кислот);
- на профилактику и лечение демпинг-синдрома:
 - влияние ПВ на эвакуаторную функцию желудка (увеличение времени);
 - модификация секреции интестинальных гормонов (энтероглюкагона и желудочного ингибирующего полипептида).

Влияние ПВ на активность пищеварительных ферментов и усвояемость нутриентов

Исследования данного вопроса крайне важны для понимания изменений, происходящих в ЖКТ, а именно: усвояемости белков, жиров и углеводов при приеме ПВ.

Таблица 4. Некоторые эффекты низкомолекулярных метаболитов микрофлоры

Эффект	Метаболиты, ответственные за эффект
Энергообеспечение эпителия	Уксусная (ацетат), масляная (бутират) кислота
Антибактериальный эффект	Пропионовая кислота, пропионат
Регуляция пролиферации и дифференцировки эпителия	Масляная кислота, бутират
Поставка субстратов глюконеогенеза	Пропионовая кислота, пропионат
Поставка субстратов липогенеза	Ацетат, бутират
Блокирование адгезии патогенов к эпителию	Пропионат, пропионовая кислота
Активация фагоцитоза	Формиат
Регулирование моторной активности кишечника	КЖК, соли КЖК, γ -аминомасляная кислота, глутамат
Поставка субстратов для синтеза пантотеновой кислоты	β -Аланин
Усиление местного иммунитета	Бутират, масляная кислота
Поддержание ионного обмена	КЖК, соли КЖК (преимущественно уксусная кислота (ацетат), пропионовая кислота (пропионат), масляная кислота (бутират))

При исследованиях *in vivo* и *in vitro* рядом авторов были определены следующие эффекты ПВ в отношении активности панкреатических ферментов. Установлено, что:

- ПВ ингибируют активность панкреатических ферментов *in vivo*, поэтому индуцированная волокнами стеаторея зависит, во всяком случае, частично, от мальабсорбции жира;
- увеличение вязкости дуоденального сока (пектином, гуаром) ингибирует активность или/и происходит связывание липазы;
- снижение рН дуоденального сока (пектином) понижает активность амилазы и липазы;
- предварительная обработка ПВ HCl увеличивает их ферментингибирующие свойства.

Следовательно, подавление активности ферментов может быть связано с ацидификацией ПВ в желудке, увеличением вязкости и снижением рН дуоденального содержимого, адсорбцией панкреатических ферментов;

- пектин, гуар, пшеничные отруби тормозят в дуоденальном соке амилазную активность на 35–100 %, липазную — на 40–95 %, триптическую — на 40–85 %, фосфолипаза подавляется только пектином на 75 %.

Исходя из вышеизложенного, можно полагать, что постоянное потребление ПВ приводит к снижению всасывания белков, жиров и углеводов, а значит — к уменьшению энергетической ценности пищи. Эти данные побудили многочисленных исследователей оценить всасываемость других нутриентов при приеме ПВ.

Большинство авторов предостерегают от злоупотребления ПВ, которые способны снизить адсорбцию кальция, железа, цинка, магния; увеличить выведение азота из организма; тормозить активность трипсина и химотрипсина (Schwartz et al., 1986). Этот эффект особенно характерен для некоторых отрубей, содержащих фитаты, ингибирующих всасывание железа и цинка. Длительное потребление ПВ может отрицательно влиять на баланс витаминов, особенно А, С, Е, глутаминовой кислоты, серина и треонина. В связи с вышеизложенным при обогащении диет ПВ рекомендуется дополнительное введение минеральных нутриентов и комплекса витаминов.

Однако указанные эффекты обнаруживаются при применении довольно больших доз ПВ, да и то не всеми авторами. Так, в эксперименте на животных при добавлении в диету пшеничных отрубей была выявлена только тенденция к снижению содержания витаминов групп В и С в крови, а пектин и микрокристаллическая целлюлоза никакого влияния не оказывали (Богданов и др., 1987). Практически не влияют на обмен мине-

ральных веществ ПВ злаковых. Следует учитывать тот факт, что при длительном потреблении ПВ в организме происходят адаптивные реакции, восстанавливающие исходный уровень микроэлементов (Shah et al., 1991). Немаловажное значение при применении ПВ придают перерывам между курсами, в течение которых баланс минеральных элементов, витаминов и азота быстро восстанавливается.

Использование ПВ оказывает более значимое воздействие на выведение тяжелых металлов и радионуклидов:

- низкоэтерифицированный пектин легко образует пектинаты металлов, в т. ч. и свинца, а высокоэтерифицированный (метоксилированный) пектин обволакивает кишечную стенку и посредством механизма гель-фильтрация снижает всасывание молекул высокотоксических веществ. Таким образом, пектины могут как связывать поступающие извне тяжелые металлы, так и предупреждать вторичную резорбцию металлов при попадании их в ЖК с желчью или в составе других пищеварительных секретов, выводя их с калом;

- микроорганизмы кишечника частично гидролизуют пектиновые вещества с образованием олиго- и галактурановой кислот, которые реабсорбируются в кишечнике и попадают в кровяное русло. Карбоксильные и гидроксильные группы этих кислот связывают свинец, кадмий, ртуть и др. в крови и способствуют их выходу из депо с последующим выведением с мочой.

ПВ и заболевания кишечника

Заболевания кишечника, по данным ряда эпидемиологических исследований, занимают 2–3-е место среди других патологий ЖК. Возглавляют список заболеваний кишечника хронические колиты различной этиологии, синдром раздраженного кишечника и другие функциональные заболевания с нарушением моторно-эвакуаторной функции, а также дивертикулез толстой кишки, который развивается как результат чрезмерного напряжения при акте дефекации, что характерно при потреблении так называемой западной (содержащей мало ПВ) диеты.

Как указывалось выше, к метаболитам, ответственным за энергообеспечение эпителия, поставку субстратов липо- и глюконеогенеза, поддержание ионного обмена (рис. 2, см. табл. 4) относят КЖК и их соли, продуцируемые микрофлорой кишечника. Поэтому ПВ, помимо прямых физических эффектов, являясь субстратом для микрофлоры, оказывают многостороннее действие при хронической патологии кишечника.

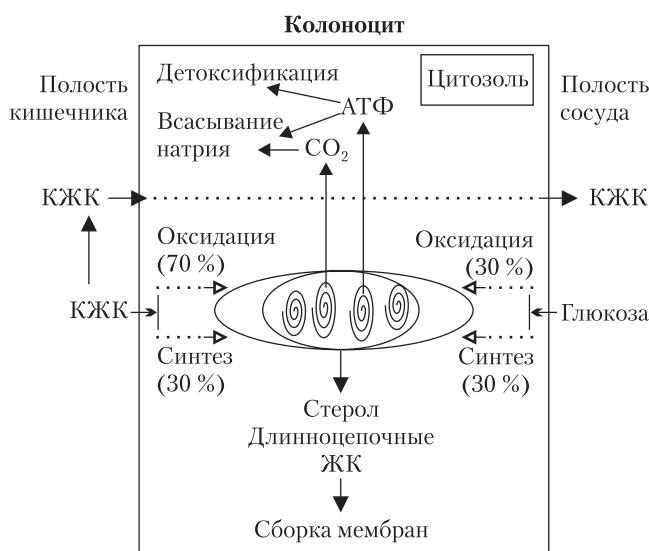


Рис. 2. Окислительный и синтетический вклад КЖК в обменные процессы колоноцита, связанный с всасыванием Na^+ , детоксикацией и липогенезом (по W.E.W. Roediger, 1990)

ПВ и заболевания толстой кишки

Эффекты, оказываемые ПВ при хронических заболеваниях толстой кишки, следующие.

- ПВ при различных видах обработки оказывают разнонаправленное воздействие на транзит химуса и кала по ПК, а также на массу и состав кала, что позволяет их назначать при патологии кишечника с различными типами моторно-эвакуаторных нарушений:

- увеличивают массу фекалий, содержание в них жидкости, сокращают время кишечного транзита при заваривании кипятком и увеличении потребления суточного количества жидкости до 1,5–2 л;
- уменьшают массу фекалий, содержание в них жидкости, увеличивают время кишечного транзита при употреблении сухих отрубей. Следует учитывать, что овсяные отруби при запорах менее эффективны.

- ПВ изменяют миоэлектрическую активность кишечника, приводят в равновесие пропульсивные и тонические сокращения мускулатуры толстой кишки.

- ПВ, являясь пищевым субстратом для микрофлоры, способствуют нормализации популяционной численности и активности облигатной микрофлоры, которая в свою очередь поставляет КЖК, необходимые для нормальной трофики и энергообеспечения колоноцитов.

- ПВ (особенно грубого помола) снижают внутрикишечное давление, способствуя профилактике дивертикулеза кишечника и его осложнений.

- ПВ не ускоряют транзита химуса в начальном отделе кишечника, где наиболее интенсив-

но проходят процессы гидролиза нутриентов и всасывания пластических и энергетических составных частей пищи, витаминов, микроэлементов и др.

ПВ и рак толстой кишки

Профилактическая роль ПВ в отношении рака толстой кишки может быть связана со следующими механизмами:

- Снижение концентрации канцерогенов вследствие гидрофильности ПВ и удержания в просвете кишки большего количества жидкости, увеличение общей массы фекалий.

- Ускорение пассажа химуса, то есть уменьшение времени контакта ко- и канцерогенного вещества и слизистой оболочки кишки.

- Связывание ко- и канцерогенов, в том числе желчных кислот, ПВ.

- Изменение внутрикишечного pH, обычно в кислую сторону, вследствие выработки летучих жирных кислот при бактериальной ферментации ПВ, что приводит к снижению концентрации свободного аммиака, который способствует канцерогенезу в толстой кишке.

- Изменение кишечной микрофлоры количественно и качественно, что может приводить к иным воздействиям на некоторые канцерогены, особенно «непрямые» или «требующие активации» (диметилгидразин или афлатоксин B1).

- Образование при бактериальном расщеплении ПВ, особенно злаковых, лигнанов — энтеролактона и энтеродиола; последние, не обладающие эстрогенной активностью, вследствие близости их структуры к структуре синтетических эстрогенов стильбэстрола и гексэстрола связывают рецепторы к эстрогенам. Поскольку 30–50 % всех опухолей толстой кишки имеют рецепторы к эстрогенам, то лигнаны блокируют пролиферативное действие эстрогенов на эпителий толстой кишки.

ПВ и заболевания гепатобилиарной зоны

ПВ и холелитиаз

Во многочисленных экспериментальных исследованиях показана способность ПВ снижать концентрацию холестерина в желчи и предотвращать возникновение холестериновых желчных камней. Учитывая метаболизм холестерина в организме (рис. 3), механизм влияния ПВ на снижение холестерина реализуется следующими путями:

- абсорбция холестерина и желчных кислот (ЖК) и усиленное выведение их с калом;

- для поддержания пула ЖК, выводимых с калом, происходит усиленный синтез их из холестерина, что уменьшает его количество в желчи.

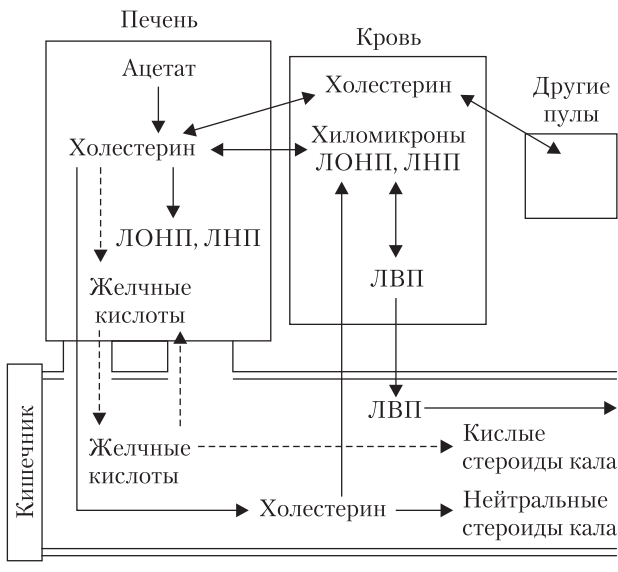


Рис. 3. **Метаболизм холестерина в организме (по G.V. Vanhouny, 1982, в модификации М.Д. Ардатской, 2001)**

ЛВП — липопротеины высокой плотности;
ЛНП — липопротеины низкой плотности;
ЛОНП — липопротеины очень низкой плотности

Кроме того, действие ПВ на ингредиенты и литогенность желчи связано преимущественно с изменением метаболизма ЖК и их энтерогепатической циркуляции (рис. 4). Влияние ПВ на изменение указанной метаболической цепи осуществляется следующими путями:

- изменения качественного состава ЖК: ПВ сорбируют желчные кислоты неодинаково. Сво-

бодные ЖК связываются в большей степени, чем конъюгаты, что приводит к снижению индекса литогенности;

- изменения метаболической активности и популяционной численности родов микроорганизмов, принимающих участие в 7-альфа-дегидроксилировании ЖК;
- изменения времени транзита по кишечной трубке.

ПВ и цирроз печени

Угрожающим синдромом при заболеваниях печени является гепатическая энцефалопатия (ПЭ), в конечной стадии приводящая к смерти больного. Существует несколько гипотез патогенеза ПЭ, в частности аммиачная и нейротрансмиттерная модели. Как было установлено, ПВ значительно снижают степень ПЭ путем прямого и непрямого действия.

Прямое действие:

- ре- и абсорбирующее действие в отношении аммиака и коротко- и среднецепочечных ЖК (кислоты с длиной цепи атомов углерода более 3, кислоты с разветвленной углеродной цепью (изомеров)) и выведения их с калом;
- изменение времени кишечного транзита.

Непрямое действие:

- изменение метаболической активности и популяционной численности кишечной микрофлоры — продуцентов короткоцепочечных ЖК, аммиака, нейротрансмиттеров бактериального происхождения (ГАМК);

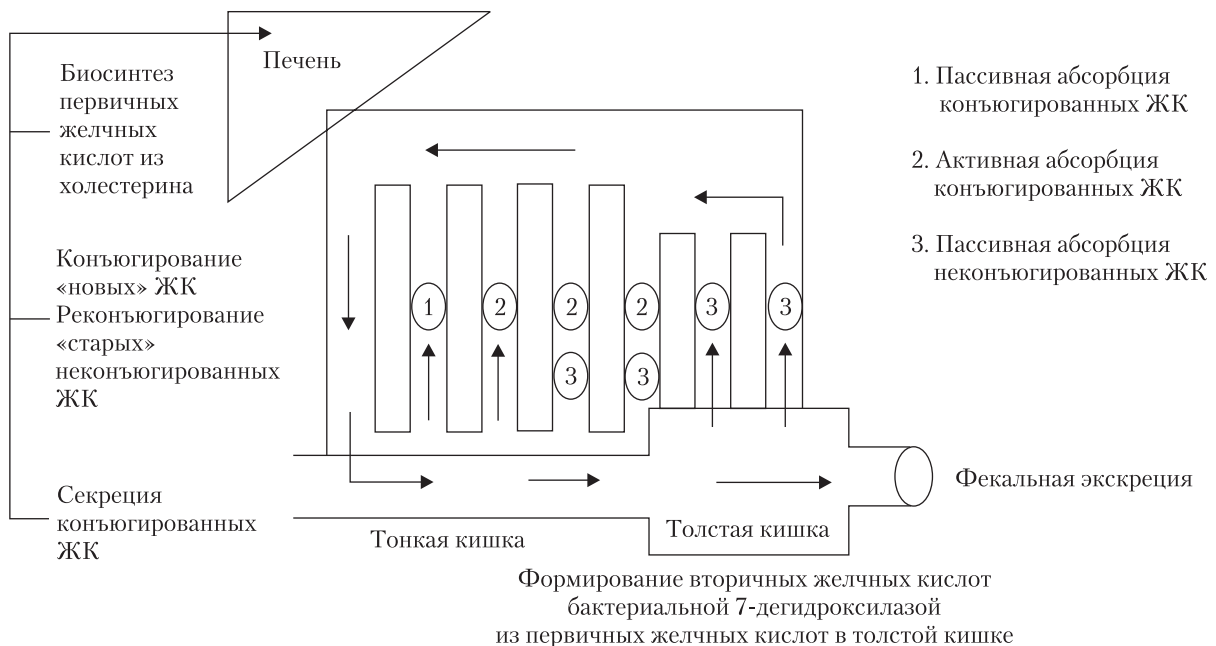


Рис. 4. **Энтерогепатическая циркуляция желчных кислот у человека**

- снижение проницаемости кишечной стенки вследствие изменения окислительно-восстановительного внутрипросветного потенциала.

ПВ и заболевания обмена веществ

Заболевания обмена веществ также связывают с уменьшением в рационе современного человека содержания ПВ (так называемые болезни цивилизации). Можно предположить, что диетотерапия этих заболеваний с включением достаточного количества ПВ обеспечит наибольший профилактический и лечебный эффект.

ПВ и сахарный диабет

Проведенными исследованиями установлено:

- при высоком содержании ПВ в диете увеличивается время всасывания углеводов из ЖКТ, что приводит к более эффективному использованию углеводов периферическими тканями;
- из ПВ различного происхождения положительное влияние оказывали только волокна из хлебных злаков; волокна из фруктов и овощей подобным действием не обладали;
- ПВ (гуар) тормозят всасывание глюкозы в кишечник;
- овощи в меньшей степени способствуют повышению гликемии, чем крупы или картофель;
- ПВ тормозят секрецию интестинальных гормонов и ингибируют действие некоторых антинутриентов, что способствует снижению глюкозурии и кетоацидоза, уменьшает потребность в инсулине.

Таким образом, ПВ могут модифицировать углеводный обмен путем изменения транзита пищевой кашицы в желудке и тонкой кишке, замедления всасывания простых углеводов, стимуляции гликолиза и изменения инкреции инсулина и интестинальных гормонов.

ПВ и нарушения липидного обмена при заболеваниях сердечно-сосудистой системы

Выявленная сильная отрицательная корреляционная связь между потреблением вегетарианских рационов и смертностью в результате ишемической болезни сердца побудила исследователей более детально оценить влияние пищевого рациона на изменение обмена липидов и развитие патологии сердечно-сосудистой системы.

Известно, что морфологическим субстратом ишемической болезни сердца является холестериновая бляшка. На рис. 3 представлен метаболизм холестерина в организме человека. Многочисленные исследования выявили воздействие ПВ на различные звенья метаболической цепи: ПВ способствуют увеличению содержания холестерина липопротеидов высокой плотности и

уменьшению уровня общего холестерина крови посредством адсорбции его, увеличения экскреции желчных кислот и восстановления баланса между образованием и выведением холестерина.

Механизмы влияния ПВ на адсорбцию липидов

Прямые эффекты:

- опорожнение желудка;
- изменение времени транзита химуса;
- блокирование волокнами поверхности слизистой оболочки кишечника, что уменьшает всасывание липидов;
- секвестрация желчных кислот и других мицеллярных компонентов.

Непрямые эффекты:

- влияние на величину и состав пула желчных кислот:
 - увеличение фекальной экскреции кислых и нейтральных стероидов как результат нарушения их всасывания из-за недостатка желчных кислот;
 - увеличение 7-альфа-гидроксиляции холестерина;
 - изменение выброса интестинального глюкагона и панкреатического инсулина;
 - адаптивные изменения кишечной структуры и функции.

Кроме того, установлено, что уменьшение усвояемости цинка при высоком потреблении ПВ может приводить к нормализации обмена холестерина.

ПВ и ожирение

Эффективность применения ПВ при лечении тучности обусловлена следующими факторами:

- снижением усвояемости энергии рациона с 94,5 до 92 %;
- наполнением желудка и поддержанием чувства насыщения;
- удлинением времени опорожнения желудка;
- изменением моторики тонкой кишки (время транзита химуса и его перемешиваемость);
- изменением профиля рН;
- освобождением желудочно-кишечных гормонов;
- изменением полостного пищеварения;
- изменением всасывания в кишечнике;
- нормализацией липидно-углеводного обмена.

ПВ и аллергические реакции и псевдоаллергические синдромы

Механизм воздействия ПВ реализуется путем:

- прямого действия — адсорбция аллергенов из ЖКТ;
- опосредованного действия — изменение метаболической активности микрофлоры кишеч-

ника и снижение выработки биогенных аминов, а также повышение иммунорезистентности.

ПВ существенно снижают уровень эндогенного гистамина и других биологических аминов, которые реализуют аллергические проявления при болезнях пищеварительной системы.

Заключение

Физиологические эффекты ПВ

- Подавление аппетита.
- Увеличение чувства насыщения.
- Снижение потребления энергии.
- Изменение динамики опорожнения желудка.
- Тонкий кишечник:
 - уплощение кривой толерантности к глюкозе;
 - соответствующая редукция инсулярного выброса;
 - изменение степени абсорбции жира;
 - ослабление всасывания кальция, железа, цинка.
- Возрастание экскреции желчных кислот и снижение их метаболизма.
- Повышение выделения нейтральных стероидов.
- Снижение уровня холестерина в крови.
- Толстая кишка:
 - увеличение массы фекалий;
 - разжижение кишечного содержимого;
 - ускорение кишечного пассажа;
 - снижение внутриполостного давления;
 - изменение метаболизма микрофлоры;
 - увеличение роста микроорганизмов.

А.М. Уголев в 1986 году предложил концепцию о пяти потоках из кишечника во внутрен-

нюю среду организма. По его мнению, ПВ необходимы для нормального функционирования пищеварительной системы и макроорганизма в целом. На рис. 5 представлено влияние ПВ на основные потоки веществ из ПК во внутреннюю среду организма.

Учитывая низкую стоимость ПВ в сравнении с традиционными методами профилактики и лечения, терапия с использованием ПВ является в настоящее время экономически целесообразной. Из лекарственных препаратов на основе ПВ обращает на себя внимание единственный лекарственный препарат ПВ, содержащий стандартизированную дозу высококачественных ПВ сбалансированного состава (три фракции в оптимальной пропорции), — «Мукофальк», который является препаратом растительного происхождения, состоящим из оболочек семян *Plantago ovata* (подорожник овальный, подорожник индийский). Семена *Plantago ovata* отличаются от семян других видов подорожника, имеющих темно-бурый цвет, своей окраской — они телесно-розового оттенка с пурпурной полоской на рубчике. В отличие от других видов подорожника подорожник овальный произрастает в засушливых районах побережья Средиземного моря, Индии и Пакистана, поэтому именно данный вид подорожника содержит максимальную концентрацию слизи, которые предохраняют семена растения от высыхания, играют роль запасных веществ, а также способствуют распространению и закреплению семян в почве. Слизь сконцентрирована в основном в оболочке семян, которую используют в качестве лекарственного препара-



Рис. 5. Влияние ПВ на основные потоки веществ из пищеварительного канала во внутреннюю среду организма

та. Семена быстро и сильно ослизняются, на чем основано их медицинское применение. Таким образом, высокое содержание слизи в составе семян подорожника овального позволяет отнести его к группе мягких ПВ, что имеет принципиальное значение при назначении препарата при ряде заболеваний, когда, например, использование грубых ПВ не рекомендуется или противопоказано. ПВ «Мукофальк» состоят из трех фракций, каждая из которых обеспечивает лечебный эффект при различных видах нарушения функций кишечника:

- фракция А (30 %) — фракция, растворимая в щелочной среде, не ферментируемая бактериями (выступает как наполнитель, создающий объем), — обеспечивает нормализующее моторику действие;

- гелеформирующая фракция В (55 %) (высокоразветвленный арабиноксилан, состоящий из остова, образованного ксилозой, с арабинозо- и ксилосодержащими боковыми цепями). Представляет собой частично ферментируемую фракцию, которая связывает воду и желчные кислоты (снижение уровня холестерина); обеспечивает «смазывание» стула при запоре, при диарее — закрепляющее действие за счет связывания излишков воды и энтеротоксинов;

- фракция С (15 %) — вязкая и быстро ферментируемая кишечными бактериями фракция: замедление эвакуации из желудка (более раннее развитие чувства насыщения, что имеет значение в лечении метаболического синдрома) и пребиотическое действие: эта фракция является субстратом роста нормальной микрофлоры кишечника и распадается до коротко-цепочечных ЖК. Ферментация данной фракции в толстой кишке сопровождается стимуляцией роста бифидо- и лактобактерий и активным образованием короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК), в основном ацетата, пропионата и бутирата, являющихся основным источником энергии для эпителия толстой кишки. КЦЖК играют важную роль в физиологических процессах кишечника, стимулируя физиологическую пролиферацию кишечного эпителия, образование слизи и усиливая микроциркуляцию в слизистой оболочке.

Таким образом, «Мукофальк» обладает комплексным воздействием на кишечник и организм. За счет сочетания разных типов ПВ препарат обладает разнообразными терапевтическими эффектами. Гелеформирующая фракция ответственна за наибольшее количество клинических эффектов «Мукофалька». При разведении псиллиума в воде, в отличие от грубых ПВ, за счет гелеформирующей фракции образуется мягкая

желеобразная масса, оказывающая в частности обволакивающее и противовоспалительное действие на слизистую оболочку кишечника. Также гелеформирующая фракция ответственна за слабительное, антидиарейное, гиполипидемическое действие препарата «Мукофальк».

Говоря о противовоспалительном действии псиллиума, необходимо отметить, что это действие обусловлено тремя основными механизмами: прямым обволакивающим и защитным действием на слизистую оболочку кишечника, связыванием конечных токсичных продуктов метаболизма и канцерогенов в тонкой и толстой кишке и пребиотическим действием с образованием КЦЖК, которые в свою очередь (прежде всего — бутират) обладают противовоспалительным и регенеративным действием. Ярким подтверждением выраженности противовоспалительного действия псиллиума является его эффективность при воспалительных заболеваниях кишечника. В частности, было показано, что псиллиум достоверно уменьшает частоту рецидивов при неспецифическом язвенном колите и может использоваться для поддержания ремиссии, в том числе в комбинации с месалазином («Салофальк»).

Слабительное действие пищевых волокон «Мукофалька» обусловлено, помимо увеличения объема стула, еще и размягчающим и смазывающим действием на содержимое кишечника за счет гелеформирующей фракции, что облегчает пропульсию кишечного содержимого и вносит вклад в слабительный эффект препарата. «Мукофальк» официально разрешен к применению во время беременности для регуляции функции кишечника. Выбор слабительного препарата во время беременности представляет трудную задачу, поскольку необходимо не только учитывать эффективность, но и безопасность лекарственного средства. «Мукофальк» обладает мягким действием, может применяться длительно и обладает отличными вкусовыми качествами.

«Мукофальк» — натуральный пребиотик, поскольку относится к группе ПВ, которые, вероятно, являются первыми и наиболее древними пребиотиками в человеческой истории. За счет быстрoferментируемой фракции псиллиум обеспечивает быстрое наступление бифидогенного эффекта. Гелеформирующая фракция псиллиума, которая представляет собой высоковетвленный арабиноксилановый олигосахарид и поэтому является медленно ферментируемым пребиотиком, оказывает бифидогенное действие на более дистальные части толстой кишки, таким образом расширяя зону действия псиллиума. Степень полимеризации, характер связей и структура полисахарида являются основными фактора-

ми, определяющими метаболические эффекты пребиотика на микрофлору кишечника. Соответственно, каждый тип пребиотиков характеризуется собственным профилем воздействия на определенные штаммы кишечной микрофлоры, спектром синтезируемых короткоцепочечных кислот и топичностью действия.

При приеме «Мукофалька» образующаяся в тонкой кишке гелеформирующая фракция связывает желчные кислоты. При связывании достаточного количества желчных кислот снижается их реабсорбция в терминальном отделе подвздошной кишки и увеличивается их экскреция с калом, что в свою очередь приводит к снижению уровня холестерина в крови. Гиполипидемическое действие псиллиума выражено в большей степени при приеме во время еды, чем при употреблении в перерыве между приемами пищи. Рекомендованная доза для снижения уровня холестерина составляет 10–20 г псиллиума в день во время еды (что соответствует 3–6 пакетикам «Мукофалька» в день). «Мукофалька» достоверно снижает уровень хо-

лестерина в крови и может быть эффективно использован для длительной профилактической терапии, особенно у пациентов с легкой и умеренной гиперхолестеринемией. В 1998 году Управление по контролю за продуктами и лекарственными средствами США (FDA) подтвердило, что ПВ, такие как псиллиум (оболочка семян подорожника *Plantago ovata*), могут достоверно снижать риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, и совместно с Американской кардиологической ассоциацией рекомендовало назначение псиллиума в качестве компонента лечебно-диетических мероприятий при легкой и умеренной гиперхолестеринемии. В 2003 году данная рекомендация была также подтверждена и Европейским медицинским агентством (ЕМЕА).

Теперь не вызывает сомнения, что применение ПВ, в частности препарата «Мукофальк», следует рассматривать как наиболее физиологический подход к профилактике патологии ЖК и лечению функциональных заболеваний пищеварительной и других систем.

М.Д. Ардатська

Метаболічні ефекти харчових волокон. Шляхи використання в клінічній медицині

Експериментальні та клінічні дослідження підтвердили корисний вплив харчових волокон у пацієнтів із хворобами травного каналу, серцево-судинної системи та в осіб, що страждають від ожиріння. Із лікарських засобів на основі харчових волокон доведений терапевтичний ефект має препарат «Мукофальк» як натуральний пребіотик, який містить стандартизовану збалансовану дозу високоякісних харчових волокон.

M.D. Ardatska

Metabolic effects of dietary fibers and the way of their use in clinical medicine

Experimental and clinical investigations confirmed the useful effects of dietary fibers in patients with the disorders of digestive tract, cardiovascular system and is the subjects, suffering from obesity. From medicinal agents based on dietary fibers, Mukofalk has the proved therapeutic effects as a natural prebiotic, containing the standardized and balanced dose of the dietary fibers of high quality.

Контактна інформація

Ардатська Марія Дмитрівна, д. мед. н., проф.
121359, м. Москва, вул. Маршала Тимошенка, 21
УНЦ Медичного центру Управління справами Президента Російської Федерації

Стаття надійшла до редакції 2 червня 2010 р.