

ISSN 2500-3208

ВЕСТНИК
БАЛТИЙСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. И. КАНТА

Серия
Естественные и медицинские
науки

№ 3

Калининград
Издательство Балтийского федерального университета
им. Иммануила Канта
2020

Редакционная коллегия

Г. М. Федоров, д-р геогр. наук, проф., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта (главный редактор); *С. В. Корнев*, д-р мед. наук, проф., Медицинский институт, БФУ им. И. Канта (зам. главного редактора); *Б. Я. Алексеев*, д-р мед. наук, проф., Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена; *Р. С. Богачев*, д-р мед. наук, проф., Медицинский институт, БФУ им. И. Канта; *В. А. Гриценко*, д-р физ.-мат. наук, проф., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта; *И. С. Гуменюк*, канд. геогр. наук, доц., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта; *А. Г. Дружинин*, д-р геогр. наук, проф., Северо-Кавказский научно-исследовательский институт экономических и социальных проблем, ЮФУ; *Л. Л. Емельянова*, канд. геогр. наук, Институт региональных исследований, Балтийский федеральный университет им. И. Канта (ответственный редактор); *Ю. М. Зверев*, канд. геогр. наук, доц., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта; *В. А. Изранов*, д-р мед. наук, проф., Медицинский институт, БФУ им. И. Канта (ответственный редактор); *Е. В. Краснов*, д-р геол.-минерал. наук, проф., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта; *А. Г. Манаков*, д-р геогр. наук, проф., естественно-географический факультет, Псковский государственный университет; *Т. Пальмовский*, д-р географии, проф., кафедра географии регионального развития, Гданьский университет; *А. И. Пашов*, д-р мед. наук, проф., Медицинский институт, БФУ им. И. Канта; *А. Разбадаускас*, проф., факультет наук о здоровье, Клайпедский университет; *В. В. Сивков*, канд. геол.-минерал. наук, Атлантическое отделение, Институт океанологии РАН; *Э. Спиряевас*, проф., Центр трансграничных исследований, Клайпедский университет; *М. Фрюауф*, проф., Институт географических наук и географии, Университет им. Мартина Лютера г. Галле; *П. К. Яблонский*, д-р мед. наук, проф., Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77-65779 от 20 мая 2016 г.

Адрес редакции:

236016, Россия, Калининград, ул. А. Невского, 14

СОДЕРЖАНИЕ

Экономическая, социальная и политическая география

Федоров Г.М. Типологические различия приморских регионов Западного побережья России.....	5
Емельянова Л.Л., Радевич Е.Г. Формирование географического образа Калининграда и его использование в имиджевой стратегии: по результатам социологического опроса горожан.....	17

3

Физическая география, геоэкология и океанология

Бубнова Е.С. Взвешенное вещество в береговой зоне Калининградской области: распределение, транспорт, состав.....	32
Спирин Ю.А. Методика анализа связи между расходами и уровнями воды у рек посредством выявления зависимости.....	40
Дудков И.Ю. Геоморфологическая изученность рельефа дна российского сектора юго-восточной части Балтийского моря.....	51

Химия и биология

Тюлькова Е.Г., Авдашкова Л.П., Кабашикова Л.Ф. Влияние летучих органических соединений на содержание фотосинтетических пигментов в листьях овсяницы тростниковой <i>Festuca arundinacea</i> Schreb. в условиях эксперимента (на примере предельных, ароматических углеводородов и сложных эфиров).....	61
Кожикин М.С., Масютин Я.А. Исследование переработки жиросодержащего шлама с помощью вермикомпостирования.....	76

Вопросы медицины

Щербинина Е.П., Олифиренко Е.М., Гордова В.С. Грудные силиконовые имплантаты: к вопросу о послеоперационных осложнениях.....	89
Гончаров А.Г., Продеус А.П., Шевченко М.А., Мархайчук А.З., Разина А.С., Гончарова Е.А., Малярв А.М., Русина Е.В. Роль микробиоты в патофизиологических механизмах формирования аллергического ринита: обзор.....	100

CONTENTS

Economic, Social and Political Geography

- Fedorov G.M.* Typological differences between the coastal regions of Russia's Western borderlands 5
- Emelyanova L.L., Radevich E.G.* The geographical image of Kaliningrad and its branding policy (the case of a sociological survey of the city residents) 17

Physical Geography, Geo-Ecology and Oceanology

- Bubnova E.S.* Suspended particulate matter within the Kaliningrad coastal zone: distribution, transport, composition 32
- Spirin Yu. A.* Analysis methodology for the relationship between the water flow and river levels by determining the dependence 40
- Dudkov I. Yu.* Geomorphological study of the submerged relief in the Russian sector of the south-eastern Baltic 51

Chemistry and Biology

- Tulkova E.G., Avdashkova L.P., Kabashnikova L.F.* The effect of volatile organic compounds on the content of photosynthetic pigments in reed fescue leaves *Festuca arundinacea Schreb.* in experiment terms (for example, limit, aromatic hydrocarbons and esters) 61
- Kozhikin M.S., Masiutin Ia. A.* Processing fat-based sludge by vermicomposting 76

Medical issues

- Shcherbinina E.P., Olifirennko E.M., Gordova V.S.* Breast silicone implants: the issues of post-surgery complications 89
- Goncharov A.G., Prodeus A.P., Shevchenko M.A., Markhaychuk A.Z., Razina A.S., Goncharova E.A., Malyarov A.M., Rusina E.V.* The role of microbiota in the pathophysiological mechanisms of the formation of allergic rhinitis: a review 100

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ ПРИМОРСКИХ РЕГИОНОВ ЗАПАДНОГО ПОРУБЕЖЬЯ РОССИИ

«Притяжение моря» является важным фактором регионального развития, пока недостаточно проработанным учеными и специалистами, хотя его изучению в последние два десятилетия посвящается все больше внимания. В данной статье рассматриваются особенности экономики 11 субъектов Российской Федерации, расположенных вдоль ее западных морских границ на западе Арктического, в Балтийском и Азово-Черноморском морских бассейнах. Изучаемые регионы сильно отличаются друг от друга, но каждый выполняет важные функции в экономике страны. Цель — выявить их типологические различия в интересах совершенствования федеральной и региональной политики по отношению к приморским регионам Западного порубежья. Для достижения поставленной цели на основе выбранных типологических признаков, отражающих главные природные и социально-экономические характеристики регионов, выделены типы изучаемых субъектов РФ. Затем рассмотрены уровень, структура и темпы развития ВРП. На основе проведенного анализа дается общая оценка социально-экономической ситуации в регионах разных типов. С учетом типологических особенностей регионов намечены перспективы их развития, основанные на усилении роли приморского фактора.

The “gravitational force” of the sea is an important factor in regional development, and though it has not been sufficiently studied, it has received increasing attention in the last two decades. The article focuses on the economic features of 11 federal subjects of the Russian Federation located along its maritime borders in the west of the Arctic, Baltic and Azov-Black Sea basins. The regions under study vary from each other, but each of them plays a vital role in the country's economy. The author aims to identify their typological differences in order to improve federal and regional policy towards to the coastal regions of the Western Borderlands. To attain the goal, first, the types of regions under study were identified (according to the selected typological features reflecting the main natural and socio-economic characteristics of the regions) then GRP level, structure and growth rates were considered. The analysis resulted in the overall assessment of the socio-economic situation in regions of different types. Considering the typological features of the regions, the prospects for their future development based on the strengthening of the coastal factor are outlined.

Ключевые слова: приморский регион, приморское положение, притяжение моря, фактор развития, типология регионов, запад России.

Keywords: coastal region, coastal position, gravitational force of the sea, development factor, typology of regions, west of Russia.



Введение

Аксиомой является тезис о «притяжении моря» — концентрации населения и хозяйства на морских побережьях и вблизи них. Но изученность конкретных проявлений этого процесса все еще недостаточна. Более того, поскольку морское побережье как фактор размещения действует совместно с многочисленными другими факторами, многие территории на морском берегу оказываются менее освоенными по сравнению с внутренними регионами. Мы еще в 1980-е гг. отмечали, что в СССР быстрее росла численность населения не прибрежных, а внутренних частей страны: как из-за высоких темпов естественного воспроизводства населения континентальных союзных республик Средней Азии, так и вследствие сравнительно слабого развития внешнеэкономических связей Советского Союза, высокой степени автаркии его экономики [15].

В XXI в., после спада в 1990-е гг., исследования «притяжения моря» в России активизировались (обзоры представлены в [6; 17; 20]). Опубликовано ряд работ ученых из Санкт-Петербурга (В.М. Разумовский, С.С. Лачининский и др.), Владивостока (П.Я. Бакланов и др.), Ростова-на-Дону (А.Г. Дружинин и др.), Калининграда (Г.М. Федоров, Т.Ю. Кузнецова, А.С. Михайлов и др.) [1; 5; 6; 10; 17; 19; 21; 23; 24].

Макрорегионом, в котором изучению развития приморских регионов и их взаимодействия уделялось, возможно, наибольшее внимание, стал Балтийский регион [11; 16; 20; 26–29]. Здесь расположены 3 субъекта РФ (Санкт-Петербург, Ленинградская и Калининградская области) из 11 рассматриваемых в настоящей статье. Статья посвящена оценке сходства и различия приморских субъектов РФ, расположенных на западе России: в Северо-Западном федеральном округе (в западной части Арктического и Балтийском бассейне) и в Азово-Черноморском бассейне (Южный федеральный округ). Используются официальные данные Росстата, размещенные на сайтах www.gks.ru, www.fedstat.ru, и обработаны с помощью известных статистических методов. Выполнены типологические группировки регионов — субъектов РФ, расположенных на западе РФ (в Западном порубежье России). Показаны качественные особенности социально-экономического развития регионов разных типов и подтипов.

Типологизация приморских регионов Западного порубежья России

Природные и социально-экономические характеристики рассматриваемых приморских регионов сильно различаются (табл. 1). Расчет коэффициента корреляции между приведенными характеристиками регионов позволяет выявить некоторые существенные и неочевидные связи.

Таблица 1

Некоторые характеристики приморских регионов Западного побережья России

РФ, субъекты РФ	Среднегодовая температура в административном центре (столпце) региона, °	Плотность населения, человек на км ² , на 1 января 2020 г.	Удельный вес городского населения, % на 1 января 2020 г.	Коэффициент миграционного прироста (на 10 тыс. человек населения), 2018 г.	ВВП на душу населения, тыс. руб., 2018 г.	Индекс физического объема ВРП 2018 г. к 2014 г., %	Внешнеторговый оборот на душу населения, дол., 2019 г.	Грузооборот морских портов, т на душу населения, 2018 г.	Денежные доходы на душу населения к предшествующему минимуму, %, 2019 г.
Российская Федерация	-5,2	8,6	74,0	8,5	579	104,9	4542	5,6	324
1. Санкт-Петербург	5,8	3844	100,0	52	781	106,7	9407	11,0	412
2.2. Ленинградская область	5,8	22,4	67,2	239	603	112,5	5781	92,9	301
2.2. Калининградская область	7,9	66,9	77,7	95	462	106,1	9437	13,9	253
2.3. Краснодарский край	12,0	75,2	55,4	85	417	101,7	2065	41,9	330
2.4. Ростовская область	9,9	41,6	68,2	-6	343	112,1	2652	9,5	299
3.1. Ненецкий АО	-3,1	0,25	73,8	-89	6 950	107,6	14186	159,1	407
3.2. Мурманская область	0,6	5,2	92,2	-59	643	104,4	5937	83,7	257
4. Архангельская область (без АО)	1,3	2,6	78,8	-61	465	106,1	2004	2,6	262
4. Республика Карелия	3,1	3,4	81,0	-21	451	102,2	1917	0,0	224
5. Республика Крым	10,8	73,3	51,0	25	205	125,7	49	5,0	210
5. Севастополь	12,2	519	93,2	176	180	117,3	27	0,7	266

Примечание. Полуширным шрифтом выделены показатели, превышающие средний уровень по РФ.
 Источник: составлено на основе данных [3; 4; 7 – 9; 12 – 14; 18].



Коэффициент линейной корреляции (по Спирмену) между среднегодовой температурой и ВРП на душу населения отрицательный ($-0,64$). Причиной этого являются высокий уровень душевого ВРП в северных добывающих регионах и низкий — в недавно вошедших в состав РФ Республике Крым и Севастополе, расположенных на юге. Между размерами ВРП на душу населения и отношением душевых денежных доходов к прожиточному минимуму коэффициент корреляции относительно высок ($0,61$), но не обнаруживается тесной связи между среднегодовой температурой и отношением душевых денежных доходов к прожиточному минимуму. Более того, коэффициент корреляции между этими показателями отрицательный ($-0,27$), то есть соотношение доходов и цен на севере, где оплата труда выше, менее благоприятно, чем в более южных регионах. Недостаточная денежная компенсация менее благоприятных условий жизни в суровых климатических условиях обуславливает отток населения из северных регионов в южные. Коэффициент корреляции между среднегодовой температурой и коэффициентом миграционного прироста составляет $0,63$, а между отношением доходов к прожиточному минимуму и миграционным приростом близок к нулю ($-0,06$). Прослеживается и тенденция повышенных темпов роста ВРП в регионах с более высокой среднегодовой температурой (коэффициент корреляции $0,45$).

Для типологизации рассматриваемых субъектов РФ пригодно известное выделение Фридманом следующих типов регионов [25]:

- core region — регион-ядро;
- upward-transition region — переходный развивающийся регион;
- downward-transition region — переходный кризисный регион;
- resource-frontier region — периферийный ресурсный регион;
- development corridor — коридор развития.

Указанная классификация была разработана для национальных регионов (на примере стран Латинской Америки). Рассматривая международные регионы на Балтике, мы выделили особый подтип «коридоров развития» — «международный коридор развития», который располагается между регионами-ядрами двух или нескольких стран. Признаки таких регионов удалось обнаружить у некоторых приморских регионов на западе России. Кроме того, по нашему мнению, у некоторых регионов могут быть признаки, относящиеся к более чем одному типу.

Анализ приведенных в таблице 1 данных позволил выделить следующие типы приморских регионов Западного порубежья России.

1. Санкт-Петербург — регион-ядро, с признаками международного коридора развития. Все приведенные показатели здесь более благоприятны по сравнению со средними по стране.

2. Переходные развивающиеся регионы, имеющие внутренние различия, которые отражены в выделении подтипов. Ленинградская и Калининградская области благодаря значительным объемам душевого внешнеторгового оборота и грузооборота морских портов (2.2) имеют



дополнительно признаки международных коридоров развития. Для них характерны высокие темпы миграционного прироста, отражающие их привлекательность для населения и косвенно свидетельствующие о более высоком по сравнению со средними показателями уровне и качестве жизни населения. Но по душевому производству ВРП Калининградская область отстает от Ленинградской, развитие которой тесно связано с соседним Санкт-Петербургом, тогда как Калининградская область как эксклав вынуждена осуществлять большинство своих связей с другими регионами страны через территории зарубежных стран. Краснодарский край (2.3) также имеет большие объемы грузооборота портов, что свидетельствует о возможностях превращения его в будущем в международный коридор развития. Климатические условия здесь весьма благоприятны для жизни населения и ведения хозяйственной деятельности, высоки показатели уровня жизни (соотношение доходов населения и прожиточного минимума выше только в Санкт-Петербурге) и миграционный прирост населения. Ростовская область (2.4) по сравнению с другими регионами второго типа демонстрирует менее благоприятные показатели и в 2018 г. даже имела отток населения (в области чередуются годы с небольшим оттоком и притоком мигрантов), но в 2014 – 2018 гг. прирост ВРП здесь был относительно высок.

3. К третьему типу, периферийным ресурсным регионам, относятся нефтедобывающий Ненецкий АО (3.1) с самыми высокими среди рассматриваемых регионов душевым ВРП и отношением душевых доходов к прожиточному минимуму, но с наиболее суровыми климатическими условиями и оттоком населения, а также Мурманская область (3.2).

4. К типу переходных кризисных регионов, с признаками периферийных ресурсных, относятся Республика Карелия и Архангельская область (без Ненецкого АО) (4).

5. Переходные кризисные регионы – Республика Крым и Севастополь (5). Из-за недавнего вхождения в состав России они имеют наименее благоприятные социально-экономические показатели, но ВРП растет здесь наиболее высокими темпами, и природные предпосылки создают возможности для их перехода в будущем к типу переходных развивающихся регионов.

Различия отраслевой структуры ВРП регионов разных типов

В данном разделе мы остановимся на соотношении душевой добавленной стоимости, создаваемой в приморских регионах различными видами экономической деятельности. Будут использоваться их действующие буквенные обозначения (табл. 2). Деление на производство товаров и услуг – общепринятое. Рыночные и нерыночные услуги разделены условно, по принципу участия государства в их финансировании (преобладание государственной собственности, бюджетного финансирования означает отнесение вида экономической деятельности к нерыночным услугам).



Таблица 2

Условные обозначения видов экономической деятельности

Вид экономической деятельности	Буквенное обозначение
<i>Производство товаров</i>	
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	A
Добыча полезных ископаемых	B
Обрабатывающие производства	C
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	D
Водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	E
Строительство	F
<i>Производство рыночных услуг</i>	
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	G
Транспортировка и хранение	H
Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	I
Деятельность в области информации и связи	J
Деятельность финансовая и страховая	K
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	L
<i>Производство нерыночных услуг</i>	
Деятельность профессиональная и научно-техническая	M
Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	N
Государственное управление и обеспечение военной безопасности, социальное обеспечение	O
Образование	P
Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	Q
Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений	R
Предоставление прочих видов услуг	S

В таблице 3 отражены данные, характеризующие производство добавленной стоимости в разрезе трех групп видов экономической деятельности: производство товаров, рыночных услуг, нерыночных услуг. Соответствующие различия регионов разных типов очень велики.

Таблица 3

Добавленная стоимость на душу населения, тыс. руб.

РФ, субъекты РФ	ВРП, всего	Производство товаров A–F	Производство услуг G–S	Рыночные услуги G–L	Нерыночные услуги M–S
Российская Федерация	578,7	268,7	310	197,8	112,2
1. Санкт-Петербург	781,2	199,5	581,6	357,9	223,7
2.1. Ленинградская область	603,2	322,9	280,4	194,8	85,6



РФ, субъекты РФ	ВРП, всего	Производство товаров А–F	Производство услуг G–S	Рыночные услуги G–L	Нерыночные услуги M–S
2.1. Калининградская область	461,6	211,1	250,5	155,3	95,2
2.2. Краснодарский край	416,8	140,1	276,7	191,4	85,3
2.3. Ростовская область	343,4	149	194,5	128,5	66,0
3.1. Ненецкий АО	6950,4	6141,8	808,6	519,3	289,3
3.2. Мурманская область	642,7	318,5	324,1	170,5	153,6
4. Архангельская область (без АО)	464,9	218,6	246,5	141,6	104,9
4. Республика Карелия	451,4	231,1	220,3	109,4	110,9
5. Республика Крым	204,6	72,3	132,3	72,9	59,4
5. Севастополь	180,1	47,5	132,6	61,5	71,1

Примечание. Полужирным шрифтом выделены показатели, превышающие средний уровень по РФ.

Источник: составлено на основе данных [2; 22].

Во всех регионах, кроме Ленинградской области и Ненецкого АО, сфера услуг производит больше добавленной стоимости по сравнению с производством товаров. В двух этих регионах и Мурманской области душевое производство товаров превышает среднероссийский уровень. Высоким показателем создаваемой добавленной стоимости в ВРП отличаются Санкт-Петербург и, вследствие чрезвычайно высоких затрат на производство единицы услуг в физическом выражении, Ненецкий АО. Выше среднего по РФ этот показатель также в Ленинградской и Мурманской областях.

Специфика структуры производства товаров (табл. 4) подчеркивает различия выделенных типов приморских регионов запада России.

Таблица 4

Добавленная стоимость на душу населения. Производство товаров, тыс. руб.

РФ, субъекты РФ	A–F	A	B	C	D	E	F
Российская Федерация	267,8	25	85,4	104,7	17,8	3,6	32,2
1. Санкт-Петербург	199,5	1,4	2,4	134,3	19,2	7,9	34,3
2.1. Ленинградская область	322,9	29,8	4,2	188,6	33	3,8	63,5
2.1. Калининградская область	211,1	29,2	15,3	104,5	20,8	3,8	37,5
2.2. Краснодарский край	140,1	44,1	4,9	48,8	9,7	3,6	29
2.3. Ростовская область	149	35,1	4,1	71,5	15,4	3,4	19,5
3. Ненецкий АО	6141,8	51,5	5780,6	13,4	48,2	4	244,1
3. Мурманская область	318,5	92,5	77,1	73,9	23	6,8	45,2



Окончание табл. 4

РФ, субъекты РФ	A–F	A	B	C	D	E	F
4. Архангельская область (без АО)	218,6	29,4	23,7	127,6	12,2	2,8	22,9
4. Республика Карелия	231,1	27,7	77,3	93,6	23	6,8	15,8
5. Республика Крым	72,3	13,7	5,6	18,8	9,1	2,4	22,7
5. Севастополь	72,3	6,1	3,4	15,7	7,7	3	11,6

Примечание. Полужирным шрифтом выделены показатели, превышающие средний уровень по РФ.

Источник: составлено на основе данных [2; 22].

12

В Санкт-Петербурге (тип 1), несмотря на его отставание от средних показателей по РФ в производстве добавленной стоимости видами экономической деятельности, относящимися к производству товаров, выше показатели обрабатывающих отраслей и других промышленных видов деятельности (С–Е), а также строительства (F). Ленинградская и Калининградская области (подтип 2.1) также имеют в этих видах экономической деятельности более высокие показатели (как и в аграрном секторе «А»). Краснодарский край (2.2) и Ростовская область (2.3) имеют высокие показатели только в аграрном секторе. Ненецкий АО (3.1) имеет самый высокий в РФ уровень душевого производства добавленной стоимости в добыче полезных ископаемых. Высокие показатели аграрного сектора и строительства связаны в большой мере с его большой себестоимостью, хотя в строительстве речь идет главным образом о вводе новых производственных мощностей в нефтедобыче и обустройстве необходимой производственной и социальной инфраструктуры. Мурманская область (3.2) имеет высокий показатель развития аграрного сектора (А) благодаря большим объемам добычи рыбы. Значительные размеры имеет добывающая промышленность, а также строительство. Республика Карелия и Архангельская область (без Ненецкого АО) (тип 4) имеют показатели преимущественно ниже среднего по РФ, но в Архангельской области отметим сравнительно высокий показатель обрабатывающих производств (благодаря развитому судостроению, деревообработке и целлюлозно-бумажной промышленности). Республика Крым и Севастополь (тип 5) пока сильно отстают по всем отраслям производства товаров.

В душевом производстве добавленной стоимости в сфере рыночных услуг по всем видам экономической деятельности высокие показатели имеет Санкт-Петербург (табл. 5). Сводный показатель (G–L) в Ненецком АО выше, чем в Санкт-Петербурге, но только из-за высокого показателя транспортировки и хранения (прежде всего нефтепроводы, нефтехранилища, авиационный транспорт). Высокий показатель транспортировки и хранения в Ленинградской и Мурманской областях объясняется в первую очередь большим грузооборотом размещающихся здесь морских портов. Значительные размеры этот показатель имеет также в



больших по площади территории регионах со значительными перевозками сырьевых грузов – в Архангельской области и Карелии, но другие виды экономической деятельности по производству рыночных услуг здесь развиты слабо. Еще ниже показатели в Ростовской области и особенно в Республике Крым и Севастополе.

Таблица 5

Добавленная стоимость на душу населения. Рыночные услуги, тыс. руб.

РФ, субъекты РФ	G–L	G	H	I	J	K	L
Российская Федерация	197,8	91,8	44,2	6,0	17,1	3,3	35,4
1. Санкт-Петербург	357,9	137,9	84,3	10,3	42,1	4,3	79,0
2.1. Ленинградская область	194,8	66,3	79,3	4,2	3,5	0,9	40,6
2.1. Калининградская область	155,3	55,1	39,5	4,9	8,9	1,5	45,4
2.2. Краснодарский край	191,4	72,0	68,0	14,7	10,3	1,2	25,2
2.3. Ростовская область	128,5	60,7	26,7	4,5	7,7	0,9	28,0
3.1. Ненецкий АО	519,3	45,2	400	9,1	29,6	0,2	28,0
3.2. Мурманская область	170,5	58,5	68,9	10,9	8,4	1,5	22,3
4. Республика Карелия	109,4	23,5	51,1	4,3	5,5	1,2	23,8
4. Архангельская область (без АО)	141,6	46,6	53,3	6,9	6,3	1,6	26,9
5. Республика Крым	72,9	35,0	11,9	5,2	4,5	0,4	15,9
5. Севастополь	61,5	27,2	9,0	7,8	4,0	0,1	13,4

13

Примечание. Полужирным шрифтом выделены показатели, превышающие средний уровень по РФ.

Источник: составлено на основе данных [2; 22].

В производстве рыночных услуг показателями душевой добавленной стоимости выделяются Санкт-Петербург и Ненецкий АО (последний – из-за повышенной оплаты труда и более высокой себестоимости строительства и эксплуатации зданий и сооружений) (табл. 6). Аналогичные причины объясняют и превышение среднероссийских показателей в Мурманской области, а также некоторых показателей двух других северных регионов – Карелии и Архангельской области (без Ненецкого АО).

Таблица 6

Добавленная стоимость на душу населения. Нерыночные услуги, тыс. руб.

РФ, субъекты РФ	M–S	M	N	O	P	Q	R	S
Российская Федерация	112	23,7	13,7	25,9	17,5	23,5	5,0	2,9
1. Санкт-Петербург	224	61,6	34,7	25,4	43,4	49,2	14,2	6,2
2.1. Ленинградская область	85,6	15,5	10,6	18,3	12,8	21,6	5,1	1,7
2.1. Калининградская область	95,2	14,1	12,8	27,6	14,4	20,2	3,7	2,4
2.2. Краснодарский край	85,3	10,4	10,8	17,8	13,7	22,4	6,8	3,4
2.3. Ростовская область	66,0	9,7	5,9	16,5	12,2	17,6	2,2	1,9
3.1. Ненецкий АО	289	27,7	44,3	83,9	47,2	71,1	9,5	5,6
3.2. Мурманская область	154	16,1	11,9	49,7	22,1	43,3	6,9	3,6



Окончание табл. 6

РФ, субъекты РФ	M-S	M	N	O	P	Q	R	S
4. Архангельская область (без АО)	105	7,2	7,4	35,9	18,4	30,6	3,6	1,8
4. Республика Карелия	111	9,0	8,0	39,3	18,2	31,7	3,8	0,9
5. Республика Крым	59,4	5,3	4,3	19,8	8,3	16,5	2,7	2,5
5. Севастополь	71,1	5,8	6,4	32,4	7,2	13,4	4,5	1,4

Примечание. Полужирным шрифтом выделены показатели, превышающие средний уровень по РФ.

Источник: составлено на основе данных [2; 22].

14

Обращает на себя внимание низкая роль гостиниц и ресторанов в ВРП, что свидетельствует о слабом развитии в приморских регионах туризма (который и в среднем по РФ не очень развит). Имеющее место в Мурманской, Архангельской областях и Ненецком АО превышение показателей над средними по РФ связано преимущественно с обслуживанием местного населения (в том числе работающего в море, вахтовым методом на добыче полезных ископаемых и лесозаготовках и др.). Невысоки показатели Крыма, Ленинградской и Калининградской областей. В значительной мере развитием туризма объясняются повышенные показатели только в Санкт-Петербурге и Краснодарском крае.

Заключение

Приморские субъекты Западного побережья России, расположенные на западе Арктического, в Балтийском и Азово-Черноморском бассейнах, имеют большие природные и социально-экономические различия. В Арктическом бассейне регионы относятся к периферийным ресурсным (Ненецкий АО, Мурманская область) и переходным кризисным (Карелия, Архангельская область без АО) регионам. В Балтийском бассейне расположен регион-ядро Санкт-Петербург и переходные развивающиеся регионы — Ленинградская и Калининградская области. Все три имеют также признаки международных коридоров развития. В Азово-Черноморском бассейне имеются регионы двух типов: переходные развивающиеся (Краснодарский край, Ростовская область) и переходные кризисные, которые с течением времени могут стать переходными развивающимися (Республика Крым, Севастополь). Внутри типов выделяются подтипы: переходные развивающиеся регионы Балтийского бассейна отличаются от расположенных в Азово-Черноморском бассейне, Мурманская область — от Ненецкого АО. Типы и подтипы различаются уровнем, структурой и темпами развития экономики, что рассмотрено путем анализа особенностей ВРП регионов.

Приморский фактор пока используется в развитии рассмотренных регионов недостаточно, и имеются значительные возможности усиления его влияния. В Балтийском бассейне — путем усиления функций регионов как международных коридоров развития, причем могут налаживаться связи с партнерскими регионами, удаленными от Балтики



(Восточная и Южная Азия, Латинская Америка, Африка). Недооценены инвесторами возможности развития на Балтике рекреации и туризма. Перспективы регионов Северного бассейна во многом связаны с освоением Северного морского пути и расположенных вдоль него ресурсов полезных ископаемых. В Южном бассейне благоприятные перспективы имеет развитие агропродовольственного комплекса и туризма, а для Краснодарского края возможно также усиление функций международного коридора развития. Отмеченные особенности целесообразно учесть, усилив соответствующие разделы Стратегии пространственного развития России, а также при совершенствовании стратегий социально-экономического развития регионов.

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ 18-010-00015 «Модели, эффекты, стратегии и механизмы включения западного побережья России в систему "горизонтальных" межрегиональных экономических связей в контексте формирования "Большой Евразии"».

Список литературы

1. *Бакланов П. Я.* Морское пространственное планирование: теоретические аспекты // Балтийский регион. 2018. Т. 10, №2. С. 76–85.
2. *Валовая* добавленная стоимость в основных ценах в соответствии с методологией СНС 2008 (ОКВЭД 2) // ЕМИСС. URL: <https://fedstat.ru/indicator/58250> (дата обращения: 30.04.2020).
3. *Валовой* региональный продукт на душу населения // ЕМИСС. URL: <https://fedstat.ru/indicator/42928> (дата обращения: 30.04.2020).
4. *Грузооборот* морских портов России, а заодно Прибалтики и Украины // AFTERSHOCK. URL: <https://aftershock.news/?q=node/824137> (дата обращения: 30.04.2020).
5. *Дружинин А. Г.* Локализация морехозяйственной активности в современной России: особенности, структуры, эффекты // Региональные исследования. 2019. №4 (66). С. 34–45.
6. *Дружинин А. Г.* «Морская составляющая» российской общественной географии: традиции и новации // Известия РАН. Сер. географическая. 2016. №6. С. 7–16.
7. *Индексы* физического объема валового регионального продукта в основных ценах // ЕМИСС. URL: <https://fedstat.ru/indicator/31083> (дата обращения: 30.04.2020).
8. *Итоги* внешней торговли субъектов Российской Федерации. 2019 // Федеральная таможенная служба. URL: <http://customs.ru/statistic> (дата обращения: 27.04.2020).
9. *Коэффициент* миграционного прироста (на 10 тыс. человек) // ЕМИСС. URL: <https://fedstat.ru/indicator/43017> (дата обращения: 30.04.2020).
10. *Лачининский С. С., Михайлов А. С., Самусенко Д. Н. и др.* Роль приморских агломераций и городов в инновационном пространстве Европейской части России // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151, №3. С. 1–17.
11. *Лачининский С. С., Шендрик А. В.* Политические и геоэкономические мотивы в реализации морехозяйственной стратегии России в регионе Балтийского моря // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5, №4. С. 62–74.
12. *Оценка* численности постоянного населения на 1 января 2020 г. и в среднем за 2019 г. // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/folder/12781?print=1> (дата обращения: 28.04.2020).



13. Плотность населения России на 2020 составляет 8,57 чел/км² // Сайт о странах, городах, статистике населения и пр. URL: http://www.statdata.ru/nasel_regions (дата обращения: 30.04.2020).
14. Климат мира // Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate.php> (дата обращения: 30.04.2020).
15. Покишишевский В.В., Федоров Г.М. Основы географии населения и расселения в пределах Мирового океана // География океана: теория, практика, проблемы. Л., 1988. С. 148–161.
16. Приморские зоны России на Балтике: факторы, особенности, перспективы и стратегии трансграничной кластеризации / под ред. А.Г. Дружинина, А.П. Клемешева, Г.М. Федорова М., 2018.
17. Российская Балтика и Балтийский регион / под ред. В.М. Разумовского. СПб., 2017.
18. Соотношение среднедушевых денежных доходов населения с величиной прожиточного минимума // ЕМИСС. URL: <https://fedstat.ru/indicator/58537> (дата обращения: 27.04.2020).
19. Социально-экономическое развитие приморских территорий европейской части России: факторы, тренды, модели / под ред. А.Г. Дружинина. Ростов н/Д, 2016.
20. Федоров Г.М., Михайлов А.С., Кузнецова Т.Ю. Влияние моря на развитие экономики и расселения стран Балтийского региона // Балтийский регион. 2017. Т. 9, №2. С. 7–27.
21. Федоров Г.М., Кузнецова Т.Ю., Разумовский В.М. Влияние близости моря на развитие экономики и расселения Калининградской области // Известия Русского географического общества. 2017. Т. 149, №3. С. 15–31.
22. Численность постоянного населения в среднем за год // ЕМИСС. URL: <https://fedstat.ru/indicator/31556> (дата обращения: 30.04.2020).
23. Druzhinin A. The sea factor in the spatial and socio-economic dynamics of today's Russia // Quaestiones Geographicae. 2019. №38 (2). P. 91–100.
24. Druzhinin A.G., Fedorov G.M., Gontar N.V. et al. Typology of coastal zones in the European Part of Russia: Modern Particularities within the Trend of Cross-Border Clustering // Journal of Applied Economic Sciences. 2017. Vol. XII, iss. 5 (51). P. 1451–1460.
25. Friedmann J. Regional development policy: a case study of Venezuela. Cambridge, 1966.
26. The Baltic Sea Region. Cultures, Politics, Societies // ed. by W. Maciejewski. Uppsala, 2002.
27. Towards a Baltic Sea Region Strategy in Critical Infrastructure Protection // ed. by Ch. Pursiainen. Stockholm, 2007.
28. About VASAB // Vision and Strategies around the Baltic Sea. URL: <http://www.vasab.org/home/about> (дата обращения: 30.04.2020).
29. Vision and Strategy around the Baltic Sea 2010. Denmark, 1994.

Об авторе

Геннадий Михайлович Федоров – д-р геогр. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: Gfedorov@kantiana.ru

The author

Prof. Gennady M. Fedorov, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: Gfedorov@kantiana.ru

Л. Л. Емельянова, Е. Г. Радевич

ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗА КАЛИНИНГРАДА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ИМИДЖЕВОЙ СТРАТЕГИИ: ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОСА ГОРОЖАН

17

Представлены результаты социологического обследования жителей Калининграда, главной целью которого стало выявление особенностей складывающегося у горожан географического образа своего города. Поставлена задача ответить на вопрос, совпадает ли сформированный образ городского геопространства с теми задачами городского развития, которые ставят перед собой градостроители и архитекторы, органы городского управления. Основным методом исследования – проведение опроса жителей города по разработанной авторской методике. Использование интернет-платформы позволило привлечь внимание горожан в социальных сетях к проблемам развития города и получить максимально открытые ответы по ряду ключевых проблем в развитии Калининграда. Результаты опроса свидетельствуют о неполном соответствии образа города, сложившегося у населения, направлению его развития, которое видят горожане, оценивая результаты застройки и благоустройства отдельных районов. Полученные в результате исследования выводы позволили сделать ряд рекомендаций по продвижению имиджевой стратегии Калининграда.

The article focuses on the results of a sociological survey of the city residents the main purpose of which is to identify the features of the geographical image of their city. The authors attempt at answering the question whether the comprehensive image of urban geospace coincides with the urban development tasks stated by the urban planners, city government and architects. The methodology designed by the authors determines the interview as a primary tool for collecting research material. The online platform attracted the citizens' attention to the issues of urban development and drew the most open answers to a number of key challenges in the development of Kaliningrad. The obtained results indicate that the popular image of the city is not fully consistent with its development strategy. The findings brought a number of recommendations to promote the image strategy of Kaliningrad.

Ключевые слова: город, городская среда, градостроительство, имидж, бренд, городской маркетинг, культурная география.

Keywords: city, urban environment, urban planning, image, brand, urban marketing, cultural geography.

Город как продукт деятельности человека – это сочетание усилий непосредственных его создателей (архитекторов, планировщиков, строителей), а также самих жителей города. Результатом этих совместных действий становится некий когнитивный опыт, формирующий в том числе образ города – «систему взаимосвязанных и взаимодействующих знаков, символов, архетипов и стереотипов, ярко и в то же время



достаточно просто характеризующих какую-либо территорию» [7]. Положительные, понятные и запоминающиеся образы городов играют важную роль в их позиционировании как центров успешной жизни и экономического благополучия. И, напротив, негативные образы снижают потенциал городских территорий, не способствуют продвижению городской экономики и сферы услуг.

В Калининграде лишь в последние годы стали предприниматься попытки определения образа города и создания городского бренда. Такого рода разработки выполнялись для всего региона¹, но масштабных работ по изучению восприятия города его жителями, туристами, представителями бизнес-структур, потенциальных инвесторов не проводилось. Вместе с тем потребность в брендинге города за последние годы только возрастает в силу того, что региону необходимо усиливать приток инвестиций. Растущий туристический поток в регион также вызывает необходимость наращивать усилия по поиску новых туристических дестинаций, а созданный бренд города будет этому только способствовать.

Цель исследования – поиск подхода к определению географического образа города Калининграда и возможности его использования как в среде профессионалов-градостроителей, так и жителями, которые должны стать активными участниками развития городского пространства. Совпадает ли географический образ Калининграда проектировщиков с тем образом, который сложился у горожан? Как имеющийся географический образ Калининграда вписывается в современную городскую среду? Как это взаимодействует с восприятием и отношением к архитектурному наследию?

Прежде чем изложить полученные результаты, необходимо уточнить основные понятия, которые легли в основу исследовательских подходов и разработки методических приемов.

Теоретические подходы к пониманию географического образа города

Первым, кто обратил внимание на визуальные элементы и когнитивные идеи городской среды, внеся свой вклад в теорию когнитивного восприятия города, был Кевин Линч. В своей книге «Образ города и его элементы» [10] он говорит о существовании «общественного образа города», который состоит из множества индивидуальных. Но может возникать и ряд общественных образов, каждый из которых вырабатывается значительной группой горожан. Групповые образы, по мнению

¹ В 2008 и в 2014 гг. разрабатывались туристические бренды для Калининградской области. Разработанный «Студией Артемия Лебедева» вариант сейчас является официальным. Изучением имиджа Калининградской области в настоящее время заняты социологи БФУ им. И. Канта, реализуя проект Российского фонда фундаментальных исследований по теме «Имидж Калининградской области как фактор формирования миграционных установок реформенного поколения и поколения миллениалов» (2019 – 2020).



ученого, «совершенно необходимы для того, чтобы индивид мог успешно функционировать в пределах своего окружения, вступая в эффективные контакты с себе подобными» [10]. Линч вводит классификацию содержимого образа города, обозначая такие категории, как пути (городские коммуникации, вокруг которых строятся все элементы городской среды и которые способствуют узнаванию города индивидами); границы или края — линии соотнесения по горизонтали частей города, некие барьеры, позволяющие воспринимать город отдельными частями); районы (части города, опознаваемые индивидами, способствующие упорядочиванию в сознании горожан всего городского пространства); узлы — стратегические точки города, фокусирующие пункты, соединительные звенья, сердцевина города), ориентиры (легко идентифицируемые объекты, служащие для опознания мест) [10].

Фактически классификация Линча выделяет урбанизированный каркас города, формирование которого — основная задача градостроителей, урбанистов и планировщиков. Важно, чтобы замыслы тех, кто застраивает город, и его жителей, чьими усилиями формируется образ города, по большей части совпадали или стремились к этому совпадению. Изучая американские города, Линч поставил задачу исследовать «мысленный образ города, которым располагают его жители». Главным качеством этого образа он считал ясность и читаемость городского ландшафта. Такого же рода требования по ясности и читаемости замыслов архитекторов и градостроителей можно предъявить и его создателям.

По мнению Л.П. Замятина, подходы Линча к изучению города можно считать «топографическими» [8], а значит, в первую очередь пространственными (географическими). Рассматривая образ города как составную часть общего географического образа, Д.Н. Замятин пишет: «Географические образы — устойчивые пространственные представления, которые формируются в результате какой-либо человеческой деятельности» [6]. В этой связи цель данного исследования — попытка выявить географический образ города, который складывается у горожан, — в целом совпадает со сложившимися в географии и градостроительстве подходами. Городская среда как часть геопространства и градостроительного развития всегда «географически конкретна» [6], что не может не способствовать формированию опосредованных территорией различного рода образов и ассоциаций. Географическое пространство способствует формированию образа города, а география как научная дисциплина способствует его конструированию.

Уникальные возможности географии как предмета, совмещающего образное восприятие и логическое мышление, подчеркивал в своих работах В.С. Преображенский, указывая на то, что геокультурное содержание отличается повышенной эмоциональностью и привлекательностью [15]. Восприятие территории — это целый комплекс образов, подчеркивает Г.И. Гладкевич, «природы, образы исторического, экономического, социального и картографического характера, а также "образы-



аналоги", творческие образы, основанные на абстракции, нестандартном воображении и в то же время доступные для передачи главного» [4]. «Конкретные модели географических образов — замечает Д.Н. Замятин, — могут быть разработаны и качественно оценены в рамках концепции географических образов и определенной образно-географической традиции, сформировавшейся в данной культуре» [6]. По мнению ученого, географические образы могут создаваться СМИ, отражаться в текстах, в том числе научных, быть выявлены посредством социологического опроса и в результате экспедиционных исследований.

Согласно исследованиям Н.С. Дягилевой, образ города является основой символического компонента городской идентичности. У горожанина существует «свой город», связанный с субъективными переживаниями, воспоминаниями, местами, имеющими личностное значение, и «наш город» — коллективный образ города, субъектом которого является городское сообщество, члены которого идентифицируют себя с ценностями данной территории» [5]. Понятие визуального образа города С.А. Степанова обосновывает как результат визуального восприятия городской среды, который формирует в сознании человека определенный эстетический, духовно-насыщенный образ данной среды [17]. В работах Е.В. Байковой визуальный образ города понимается как визуальный код [1]. Исследования Е.Н. Логуновой определяют визуальный образ города как непрерывное, развивающееся во времени явление, зависящее от множества факторов. К «образоформирующим» факторам относятся: ландшафт города, история градостроительного освоения, «градостроительная ткань», характер и композиция застройки, функциональное зонирование города и символические элементы (ориентиры местности) [11].

Имиджевая стратегия городов

Стоит отметить, что не существует однозначно положительного или отрицательного образа территории. Все города имеют противоречивые образы. При этом очевидно следующее: в условиях возросшей конкуренции между отдельными регионами, странами, городами за инвестиции, туристические потоки, инновации, человеческие ресурсы города заинтересованы в формировании своих положительных образов, через которые они смогли бы реализовать имиджевую стратегию. Имидж города — «это специально психологически формируемый образ города и его составляющих, ориентируемый на определенную социальную группу с целью его продвижения» [12, с. 174]. Но невозможно формировать имидж без знания истинного образа, из которого и берутся все лучшие аспекты жизни города для реализации имиджевой стратегии. «Бренд города — идентичность, смысл, суть города, представленные в ярких и привлекательных образах» [12, с. 177]. Бренддинг города — один из важных инструментов маркетинга. Он может быть выражен городской символикой, слоганом, стратегическими установ-



ками развития, стереотипными ассоциациями. Управление брендингом — одна из задач маркетинга территорий и городского менеджмента. Основоположник маркетинга территорий как научно-исследовательского и прикладного инструмента в нашей стране А.П. Панкрухин, базируясь на теории маркетинга из работ Ф. Котлера [9], разработал для маркетинговой стратегии городов такие направления, как маркетинг имиджа, населения, инфраструктуры, привлекательности. Под имиджем территории он понимал как стиль управления городом — «результат работы властных структур», так и имидж, складывающийся от первых впечатлений после знакомства с городом, — «имидж по-человечески» [13]. Имидж можно разделить на внутренний (принимаемый образ, основанный на мнении гостей города о нем) и внешний (продаваемый образ — то, как, по мнению жителей, должен восприниматься их город приезжими). Если подаваемый и принимаемый имидж сильно отличаются, то субъекты имиджа неверно позиционируют свой город [6]. Брендинг городов, разработка маркетинговых стратегий, имиджевых программ стало привычной для многих российских городов практикой. По мнению Д.В. Визгалова, маркетинг города сегодня — это «комплекс действий городского сообщества, направленных на выявление и продвижение своих интересов для выполнения конкретных задач социально-экономического развития города. В широком смысле это продвижение интересов города» [3], в котором самое активное участие могут и должны принимать его жители.

Методы исследования и полученные результаты

Основным методом исследования стало проведение в октябре 2019 г. — мае 2020 г. социологического опроса горожан, призванного выявить особенности географического образа Калининграда, сложившегося у жителей города. Опрос проводился в форме анкетирования лично и через сеть Интернет (платформа Google Формы). Использовалась простая случайная выборка. Лично было опрошено 100 человек, через сеть Интернет — 313 человек. Доверительный интервал составил $\pm 4,9\%$ при случайной выборке 413 жителей города с населением 489359 человек на 2020 г. Респондентами стали жители Калининграда (85 % опрошенных) и области (10 % опрошенных), а также некоторое количество тех, кто посещал город, но в нем не проживает. Половая структура: 60 % женщин, 40 % мужчин. Возрастная структура респондентов: 18–25 лет — 20,6 %, 26–44 года — 53,5 %, 45–60 лет — 19,9 %, 61+ лет — 6 %.

Анкета была разработана таким образом, чтобы 1) понять, какой образ города сейчас существует в сознании жителей; 2) узнать, насколько географическое положение влияет на этот образ; 3) разобраться в других немаловажных аспектах, которые влияют на образ города и на его ощущение жителями.

В результате проведенного исследования были получены следующие результаты.



1. Брендинг территории не является широко известной практикой для жителей города и мало известен как термин, однако это не мешает людям интуитивно понимать, что это и из чего он складывается. Только половина опрошенных (51 %) сталкивались с такими понятиями, как «брендинг территории» или «маркетинг территории». По мнению большинства респондентов, образ города складывается из архитектуры этого города, его жителей, инфраструктуры, истории, количества зелени в нем, культуры, чистоты, внешнего вида, достопримечательностей, а также местоположения (рис. 1).

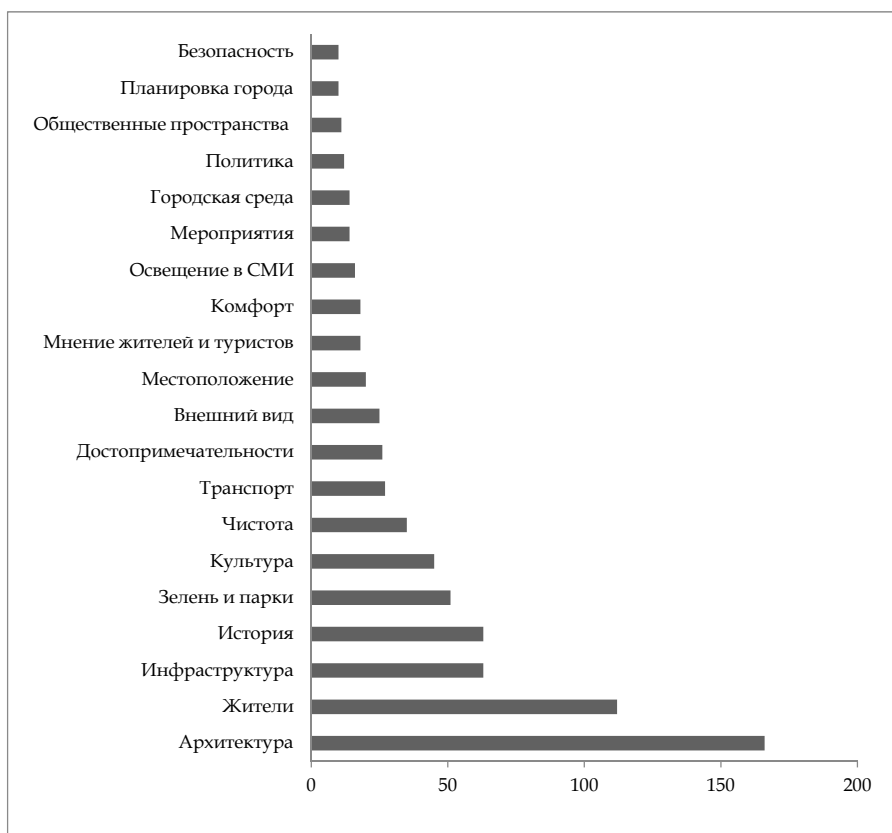


Рис. 1. Ответы на вопрос «Знаете ли вы, что такое образ города? Как вам кажется, из чего он складывается?» (количество упоминаний)

2. Калининград – богатый на ассоциации город. Всего было названо 115 различных ассоциаций (рис. 2). Анализ полученных индивидуальных образов и ассоциаций показал, что для жителей города образ складывается таковым: город в Европе с богатым архитектурным наследием и историей, соразмерный человеческому масштабу, с большим количеством зелени, недалеко от моря.



Рисунок 2. Совокупность образов и ассоциаций, полученных в результате опроса (выполнено авторами)

Основные ассоциации, которые возникают у людей с Калининградом, можно разделить на две группы: материальные и нематериальные. В первой группе самыми популярными ответами являются море, немецкие здания и архитектура, янтарь, Европа, зелень. Среди исторических персоналий часто упоминается И. Кант. Во второй группе – уют, дом, комфорт, чистота (рис. 3).

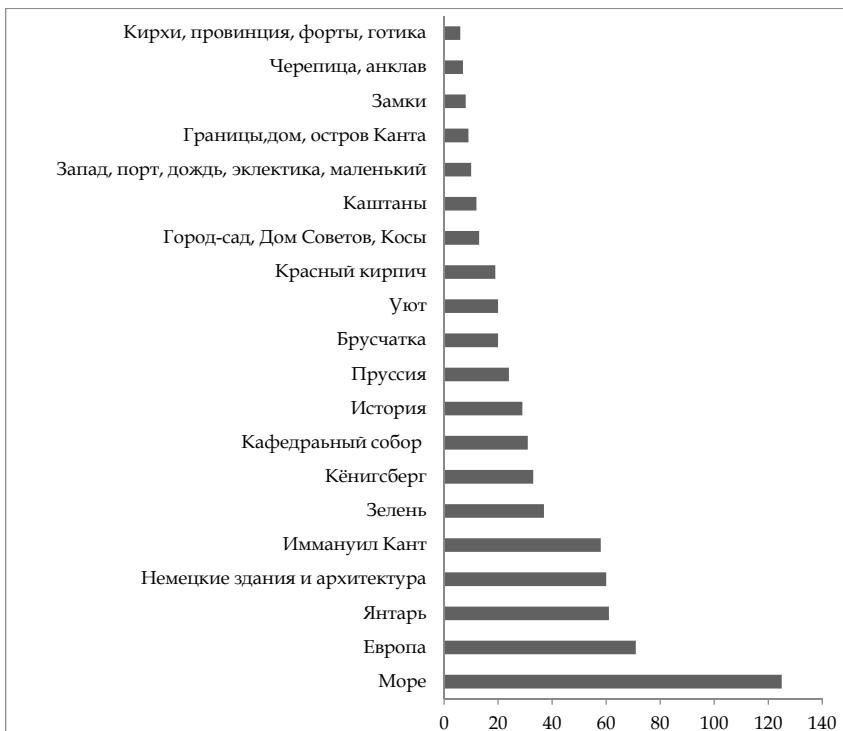


Рис. 3. Ответы на вопрос «Какие образы / ассоциации у вас возникают с Калининградом?» (количество упоминаний)



Также можно выделить еще две группы ассоциаций – положительные и проблемные. В первой можно увидеть такие упоминания, как комфорт, соразмерность, свобода, великая культура, потенциал, уникальность, разноплановость, спокойствие, вежливость, гордость, величие, самобытность, многоликость, прогрессивность и толерантность. Во второй: провинциальность, «совок», точечная застройка, пробки, серость, убитый, заброшенный, уничтожение, неухоженный, сожаление, упадок, беспризорник, стирание индивидуальности и жертва идеологических конфликтов.

3. Безопасность – неочевидный, но важный элемент городского образа. Сегодня все больше внимания уделяется безопасности как элементу городской репутации. Городское управление играет основополагающую роль в определении качества жизни большинства людей, и ключевым элементом этого является способность городов обеспечивать безопасность своих жителей, предприятий и организаций. От уровня безопасности зависит развитие туристической индустрии. Это подтверждают ответы участников: 95,1 % опрошенных ответили, что безопасность города влияет на их восприятие города, при этом только 59 % считают Калининград безопасным местом (табл. 1).

Таблица 1

Ответы респондентов на вопросы о безопасности города, %

Считаете ли вы Калининград безопасным городом?		В какой мере безопасность города влияет на его восприятие?	
Да	59,0	Сильно влияет	57,1
Нет	15,6	Скорее влияет	38
Затрудняюсь ответить	15,4	Затрудняюсь ответить	15,4
		Не влияет совсем	1,2

4. Внешний вид – основа образа города, а архитектура – ключевая часть внешнего вида. Внешний вид считается одним из самых главных элементов образа города. В случае города Калининграда он является его важнейшей отличительной чертой. Большинство респондентов уверены, что визуальная привлекательность влияет на его восприятие жителями и гостями города, но только 74,1 % считают Калининград таковым (табл. 2).

Таблица 2

Ответы респондентов на вопросы о внешнем виде города и отношении к архитектурному наследию, %

В какой степени архитектурное наследие Калининграда влияет на ваше ощущение образа города?		Считаете ли вы, что архитектура Калининграда выгодно отличает его от других городов?		Считаете ли вы Калининград визуально привлекательным городом?	
Сильно влияет	77,3	Да, отличает от всех городов	28,5	Да	74,1
Скорее влияет	19,5	Отличает только от российских городов	56,9	Нет	10,5
Скорее не влияет	2,7	Отличает от российских городов и стран-соседей	12,2	Затрудняюсь ответить	15,4
Не влияет совсем	0,5	Совсем не отличает	2,4		



Искусство архитектуры неотделимо от обыкновенной человеческой жизни и составляет основу визуального образа любого города, определяет его облик. Это среда, в которой находится человек большую часть своей жизни, с которой он взаимодействует в течение всего дня. Поэтому отделить архитектуру от образа города – невозможно. Согласно данным опроса, 41,5 % респондентов считает, что архитектура – важный компонент образа города.

Большее половины опрошенных считают, что архитектура города выгодно отличает его от других российских городов и в меньшей степени – от любых других городов (28,5 %) (табл. 2). Подавляющее большинство (96,8 %) уверены, что архитектурное наследие Калининграда влияет на их образ города. Также большинство (97,3 %) высказываются резко отрицательно об уничтожении архитектурного наследия города Калининграда.

Среди важных для восприятия города зданий и элементов архитектуры респонденты выделяют исторические немецкие здания и районы, включая малоэтажные жилые дома довоенной постройки, Кафедральный собор, фортификационные сооружения, городские ворота, кирпичи, Дом Советов, а также брусчатку, черепичные крыши и «красный кирпич».

Важная ассоциация жителей с городом – аутентичность и эклектичность. Необычное и богатое историческое прошлое города, сочетание архитектурных разных эпох, его контрасты – важные детали образа Калининграда. Но вид города – это не только его архитектурный ансамбль. Жители города отвечают, что образ формируется также из чистоты города, озеленения, общественных пространств, планировки, уличной рекламы, благоустройства и ландшафта.

5. Географическое положение города во многом определяет тот образ, который о нем складывается. Можно сказать, что брендинг города сам по себе географичен, так как невозможно говорить о территории отдельно от ее местоположения и от того ландшафта, на котором она находится. С этим согласны респонденты: 97,6 % считают, что географическое положение влияет на образ города. Позитивно оценивают влияние особенностей географического положения Калининграда на его образ 88 % респондентов (табл. 3).

Таблица 3

Ответы респондентов на вопросы о влиянии географического положения города на складывающийся у горожан образ, %

Как, на ваш взгляд, географическое положение влияет на образ города?		Как вы считаете, положение Калининградской области (эксклав, выход к Балтийскому морю, наличие границ со странами ЕС) влияет на образ Калининграда как центра региона?	
Сильно влияет	70	Влияет позитивно	88
Скорее влияет	27,6	Влияет негативно	4
Скорее не влияет	2,2	Никак не влияет	8
Не влияет совсем	0,2		

На вопрос, какие географические объекты кажутся наиболее важными, респонденты ответили так (рис. 4): Балтийская и Куршская косы (26,8 %), Балтийское море (20,8 %), остров Канта (16,3 %), городские озера (13,8 %), река Преголя (12,8 %). Часто были озвучены объекты, которые находятся в Калининградской области, но не в самом городе Калининграде. Кроме упомянутых, в ответах респондентов присутствуют Роминтенская пушта, озеро Виштынец, Калининградский залив, орнитологическая станция. Все это говорит о том, что жители часто отождествляют значимые географические объекты области с городом Калининградом. Кроме того, само понятие «географический объект» вызвало множество вопросов и сомнений.

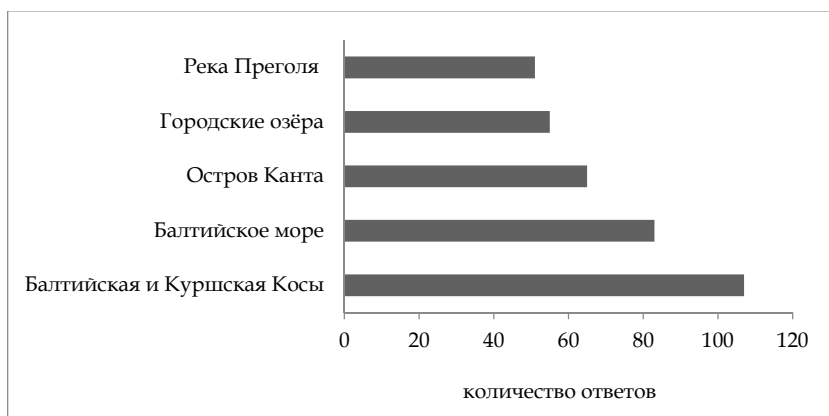


Рис. 4. Ответы на вопрос «Какие географические объекты Калининграда вам кажутся наиболее важными?» (количество упоминаний)

Среди городских объектов часто упоминаются улицы – проспект Мира, улицы Карла Маркса, Тельмана и др. Можно сказать, что эти улицы, так же как и упоминаемые респондентами исторические районы города Амалиенау, Хуфен, Марауненхоф и Понарт, воспринимаются жителями как цельные объекты, расположенные на определенной территории, а не как разрозненные здания, привязанные к одной улице или району. Среди новых районов как единое целое воспринимается создаваемый на Преголе ансамбль территории Музея Мирового океана.

Хотя само понятие «географическое положение» не является лидером среди ответов на ряд вопросов, но то, как люди отвечают, подразумевает именно особенность и характер положения города. Так что можно утверждать, что географическое положение города на карте – одна из самых главных отличительных черт, которые необходимо использовать при грамотном маркетинге территории. Поэтому сегодня необходимо найти эффективный подход в использовании географического образа города Калининграда с целью его продвижения как объекта маркетинга.

6. В Калининграде существуют трудности диалога между жителями и властями по вопросам городского развития. Подбавляющее большинство (90 %) отметили, что хотели бы изменить что-то в городе,



при этом только треть (36,5 %) считают, что могли бы что-то сделать. Респондентам была предоставлена возможность высказаться, что, по их мнению, мешает им активно участвовать в городском развитии. Приведенные варианты мы разбили на три группы. Первая касается эффективности диалога с властями, вторая связана с организацией процедуры городского управления, третья группа ответов отражает позицию и понимание горожанами своей роли и возможностей. Примеры развернутых ответов приведены в таблице 4.

Таблица 4

Ответы респондентов на вопросы о том, что им мешает что-либо изменить в городе

Диалог с властями	Процедуры городского управления	Позиция и роль горожан
<ul style="list-style-type: none"> – нет ощущения обратной связи с городским властями; – отсутствие регулярного диалога с губернатором и городской администрацией; – равнодушие государственных служащих; – сильное строительное лобби в администрации Калининграда 	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие в городе действующих институтов эффективного муниципального управления, учитывающего реальные интересы жителей; – важные решения принимаются по большей части независимо от мнения горожан; – отрицание современных норм градостроительства, отсутствие единой градостроительной политики; – отсутствие возможности выразить свою позицию (нет широко освещенных голосований, опросов и т.д.); – нет возможности повлиять на выдачу разрешений на застройку, закрытие больниц и пр.; – отсутствие хорошо прописанных законов по защите архитектурного наследия 	<ul style="list-style-type: none"> – нет понимания, что можно делать, а что нет – нет уверенности, что мое мнение важно; – отсутствие времени на это у конкретных жителей; – недостаточно активная личная позиция; – сложно найти единомышленников; – опыт других людей в попытке что-то изменить / отстоять не принес результатов; – мышление людей, которые ничего не хотят менять; – нет уверенности, что впоследствии что-то хорошее не уничтожат; – тяжело понять, куда движется город

Одной из возможностей высказать свое мнение и как-то повлиять на принятие решений для жителя является участие в публичных слушаниях². Стоит отметить, что, согласно данным опроса, не все заинтересованные жители получают информацию о проведении публичных слушаний в городе, так как не знают о источниках мест их размещения³. Необходимо чаще использовать более передовые и близкие жителям источники: социальные сети, телевидение, увеличить спектр размеще-

² Обсуждение проектов муниципальных правовых актов с участием жителей муниципального образования «Город Калининград» с целью выявления мнения в отношении принимаемых органом местного самоуправления проектов решений (в соответствии с Решением окружного Совета №112 от 03.06. 2009 г.).

³ Например, в газете «Гражданин», в общественном транспорте, на сайте администрации города Калининграда и партнеров (МФЦ и др.).



ния в газетах и журналах. Еще одна проблема проведения публичных слушаний — время и день недели. Работающие по будням до 18:00 не могут в них участвовать. Например, в Москве публичные слушания должны проводиться строго после 19:00. Несмотря на то, что мэрия Калининграда много делает для информирования населения по вопросам городского развития, плотного заинтересованного диалога властей и жителей, как показывает опрос, пока не сложилось. И эта ситуация требует отдельного анализа.

Согласно глобальному опросу по изучению репутации городов *City RepTrak* [16], самое большое влияние на формирование репутации города осуществляет эффективное управление им. Только 19 % опрошенных считают, что управление городом Калининградом эффективно. При этом больше половины (55,1 %) считают, что Калининград с каждым годом становится удобнее и благоустроеннее. При этом 89,2 % респондентов ответили, что знают, что такое комфортная городская среда, и больше половины (52 %) не согласны, что этот термин можно применить к Калининграду (26,8 % согласны). Можно сделать вывод, что хоть позитивные изменения города видны жителям, но они считают их недостаточными или неэффективными.

Таблица 5

**Ответы респондентов на вопросы об эффективности
городского управления, %**

Вопросы анкеты	Да	Нет	Затрудняюсь ответить
Считаете ли вы управление городом эффективным?	19	51,7	15,4
Как вы считаете, становится ли с каждым годом Калининград более удобным и благоустроенным городом?	55,1	21,7	15,4
Считаете ли вы, что в Калининграде комфортная городская среда?	26,8	52	15,4

В качестве минусов управления были перечислены:

- уничтожение трамвайного движения в городе (трамвай также упоминался в ассоциациях жителей города);
- отказ от брусчатки в пользу асфальтного покрытия (брусчатку назвали в качестве ассоциации 5 % опрошенных);
- вырубка деревьев и их массовая обрезка, снижение общего количества зелени в городском ландшафте (в качестве ассоциаций «зелень» была названа 10 % опрошенных, а также отдельно упоминание звания «город-сад», парков, аллей и каштанов);
- массовая точечная застройка территорий без предварительной планировки территории с привлечением экспертного сообщества и градостроителей;
- многоэтажная застройка исторических районов города (ул. Каштановая аллея, ул. Ватутина, ул. Леонова и др.);



- недостаточное количество парков и скверов в Московском районе и той части Ленинградского района, которую калининградцы называют «Сельма»;
- проблемы с автомобильными пробками в Московском районе — малая пропускная способность дорог для такого активно застраиваемого района;
- большое количество разноплановой и пестрой рекламы на улицах города и несоответствие дизайн-коду города многих торговых точек;
- отсутствие комфортной городской среды для маломобильных граждан.

Таким образом, жители города в большей степени готовы принимать участие в жизни города, однако при недостаточности информирования и невысокой освещенности проведения различных мероприятий по сбору мнений они не чувствуют такую возможность.

Выводы и рекомендации

В заключение хотелось бы ответить на поставленные в начале вопросы. Совпадает ли географический образ Калининграда проектировщиков с тем образом, который сложился у горожан? Как показал опрос, полного совпадения нет. То, что близко большинству опрошенных, — узкие улицы, малоэтажная застройка, аллеи, большое количество зелени, компактность — часто идет в разрез с той градостроительной политикой, которая проводится в городе. Как это взаимодействует с восприятием и отношением к архитектурному наследию? Калининград является приемником Кёнигсберга и благодаря истории и своему местоположению на карте ассоциируется с европейским городом. Даже жители районов, построенных уже в советский период, воспринимают город как неразрывность старого и нового, и архитектурное наследие играет в этом ключевую роль. Можно сказать, что его уничтожение — это уничтожение того образа, который сейчас существует у большинства жителей города. Как имеющийся географический образ Калининграда влияет на его развитие? Можно сказать, что даже при минимальном использовании на сегодняшний день такого перспективного отличия от других городов влияние его на туристов и новых жителей огромное. В то же время на бизнес и инвестиции это влияние сегодня скорее отрицательное (сложности при провозе товара через границу, неразвитая торговля со странами-соседями и Европейским союзом, режим санкций).

Для привлечения в город разных категорий населения важны разные подходы и элементы территориального маркетинга, которые сегодня нельзя назвать достаточно эффективными для Калининграда. Согласно опросу, жители считают, что туристов в наш город больше всего привлекают близость к Балтийскому морю, архитектура и история города. Новых жителей в большей степени привлекает близость к странам Европейского союза, близость к морю и благоприятный климат. Здесь мы можем увидеть внешний имидж города — продаваемый образ, то, как по мнению жителей, должен восприниматься их город при-



езжими. Для двух таких разных групп при маркетинге территории необходимо делать разный акцент. Так, для жителей будет важнее репутация города по количеству рабочих мест, экологии и уровню жизни, в то время как турист более заинтересован в архитектуре, безопасности и доступности посещения.

Именно поэтому необходимо создать не просто бренд города и его визуальный логотип, но и систему управления этим брендом. Так как невозможно сконцентрировать в одном только бренде города все нужные для его продвижения качества и привлечь все группы лиц, в которых заинтересован город, нужно также грамотно выстроить маркетинговую политику управлением города, при которой работа с имиджем и репутацией города будет развиваться одновременно с продвижением бренда.

Сегодня продвижение в СМИ (телевидение, газеты, журналы, социальные сети) является одним из главных элементов территориального маркетинга. Имидж территории сильно зависит от преподносимой СМИ информации о ней, поэтому существует необходимость постоянного освещения самых сильных сторон города через активную и грамотную работу с информацией.

Плохо развитое географическое мышление — проблема, которая стала все чаще подниматься в наше время. Проблема внешнегеографического мышления звучит при обсуждении брендинга места и является одним из трех фундаментальных противоречий в данной области, которые остаются пока нерешенными. Сегодня многие эксперты, отмечает Д. В. Визгалов, работающие над созданием бренда места, до этого занимались продвижением коммерческих товаров и услуг и представляли скорее экономику, чем географию. В результате основной акцент делается на «бренд», а не на «место» [2]. Считаем, что при дальнейшей разработке имиджевой стратегии города крайне важно привлечение широкого круга специалистов, в том числе географов, которые, имея соответствующие знания и пространственное мышление, хорошо «чувствуют» территорию. Кроме того, важен постоянный диалог с горожанами как основными носителями формирующегося образа города. Задача этого диалога — приведение в соответствие градостроительных решений и истинного образа города, а также дальнейшая разработка и продвижением желаемого.

Список литературы

1. Байкова Е. В. Формирование искусственной среды города как глобального визуального кода // Вопросы культурологии. 2013. №12. С. 42–44.
2. Визгалов Д. В. Брендинг города. М., 2011.
3. Визгалов Д. В. Маркетинг города. М., 2008.
4. Гладкевич Г. И. Создание географических образов территории. Лекция, прочитанная на педагогическом марафоне 21 марта 2006 г. в Московском городском доме учителя // География. 2006. №12. С. 7–13.
5. Дягилева Н. С. Теоретические аспекты городской идентичности // Брендинг малых и средних городов России: опыт, проблемы, перспективы. Екатеринбург, 2013. С. 54–59.



6. *Замятин Д.Н.* Культура и пространство // Моделирование географических образов. М., 2006.
7. *Замятин Д.Н.* Локальные истории и методика моделирования гуманитарного географического образа города // Гуманитарная география: научный и культурнопросветительский альманах. Вып. 2. М., 2005. С. 48.
8. *Замятин Л.П.* Образ города как категория исторических исследований: подходы к изучению // Омский научный вестник. 2012. №1 (105). С. 27. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/obraz-goroda-kak-kategoriya-istoricheskikh-issledovaniy-podhody-k-izucheniyu> (дата обращения: 10.06.2020).
9. *Котлер Ф., Асплунд К., Рейн И., Хайдер Д.* Маркетинг территорий: привлечение инвестиций, промышленности и туризма в города, штаты и страны. СПб., 1993.
10. *Линч К.* Образ города и его элементы / пер. с англ. В. Л. Глазычева ; сост. А.В. Иконников ; под ред. А.В. Иконникова. М., 1982. URL: http://www.glazychev.ru/books/translations/lynch/lynch_image_of_the_city/lynch_image_of_the_city.htm (дата обращения: 10.06.2020).
11. *Логунова Е.Н.* Особенности формирования визуального образа крупного города (на примере Красноярска) // Молодежь и наука : сб. матер. VIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов. URL: <http://elib.krasu.ru/handle/2311/7593> (дата обращения: 08.06.2020).
12. *Князева И.В., Бондаренко И.В.* Маркетинг территорий : учеб. пособие. Новосибирск, 2014.
13. *Панкрухин А.П.* Маркетинг территорий. СПб., 2006.
14. *Перцик Е.Н.* Территориальное планирование: учебник для академического бакалавриата. М., 2016.
15. *Преображенский В.С.* Как же так, коллеги? // География. 1997. №3.
16. *Most Reputable Cities 2018* // City RepTrak. URL: <https://www.reputationinstitute.com/city-reptrak> (дата обращения: 26.05.2020).
17. *Степанова С.А.* Динамика визуального образа города: на примере г. Хабаровска : автореф. дис. ... канд. архитектуры. М., 2006.

Об авторах

Лариса Леонидовна Емельянова — канд. геогр. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: LEmelianova@kantiana.ru

Елена Геннадьевна Радевич — магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: lana6556@ya.ru

The authors

Dr Larisa L. Emelyanova, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: LEmelianova@kantiana.ru

Elena G. Radevich, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: lana6556@ya.ru

Е. С. Бубнова

**ВЗВЕШЕННОЕ ВЕЩЕСТВО В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ
КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ:
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ТРАНСПОРТ, СОСТАВ**

32

Береговая зона Калининградской области представляет собой уязвимый участок побережья, поскольку включает как зоны рекреации и всемирного природного наследия, так и районы, где ведется активное строительство; как зоны абразии, так и аккумуляции. Поэтому она нуждается в геоэкологическом мониторинге и контроле основных экологических показателей, включая концентрацию взвешенных частиц. Взвесь – один из ключевых параметров оценки состояния морской среды и транспортный агент для загрязняющих веществ, способных адсорбироваться на поверхности частиц. Данное исследование посвящено транспорту взвешенных частиц из вогнутой части берега, включающей восточную часть Калининградского полуострова и корень Куришской косы – одного из крупнейших источников взвеси на побережье Калининградского полуострова. Было выявлено, что направления перемещения взвешенных частиц в поверхностном и придонном слое различаются. Трансформация состава взвеси по мере продвижения от Калининградского полуострова к Куришской косе была изучена с помощью сканирующей электронной микроскопии. В составе взвеси доминирует биогенная фракция, включающая колонии сине-зеленых бактерий, диатомовых водорослей и динофлагеллят. Количество минеральных зерен в береговой зоне Куришской косы меньше, чем в береговой зоне Калининградского полуострова, однако процент зерен с высоким содержанием железа выше.

The coastal zone of the Kaliningrad region is an especially sensitive marine area which includes recreation areas, natural heritage sites, construction sites and zones of both abrasion and accumulation. Thus, it requires monitoring and control of core environmental indicators such as suspended particulate matter concentration. The research focused on the suspended matter transport from the main source area, which included both human-made and natural suspended matter inputs. Directions of particles transport for surface and bottom layer were discovered to be different. The transformation of the suspended matter transport from the Kaliningrad lagoon to the Curonian spit was studied with electron microscopy. The biogenic fraction dominates in the suspensions, including colonies of cyanobacteria, diatoms and dinoflagellates. The suspended matter composition changes from the Sambia Peninsula toward to the Curonian Spit: iron content rises along with a decrease in total number of mineral particles.

Ключевые слова: Балтийское море, взвешенное вещество, транспорт наносов, минеральный состав, абразия, аккумуляция, антропогенная деятельность.

Keywords: the Baltic Sea, suspended particulate matter, sediment transport, mineral composition, abrasion, deposition, human activity.



Введение

Основными источниками терригенного взвешенного вещества в береговой зоне Калининградской области являются абразия (до 1,8 млн т [2]) и вынос рек: Висла (1,8 млн т [13]), Преголя и Калининградский залив (0,32 млн т [17]). Дополнительным антропогенным источником взвешенного вещества является Калининградский янтарный комбинат, объемы сброса материала которого составляют 0,6–0,9 млн т в год [15]. Тем не менее в балансе осадочного вещества доминирует биогенный материал ввиду высокого уровня первичной продукции [11] (для всей Юго-Восточной Балтики 95 млн т [13]).

Долгое время считалось [3; 9], что у берегов Калининградской области существует единый вдольбереговой поток наносов, направленный в северном и северо-восточном направлениях. Более поздние исследования утверждали, что поток состоит из нескольких литодинамических звеньев и циркуляционных ячеек [1; 7]. В последние 20 лет многие труды придерживаются концепции циркуляционных ячеек [1; 10]. Однако самые последние исследования прибрежной литодинамики [20] подтверждают наличие единой литодинамической системы на северном побережье Калининградской области.

Береговая зона Балтийского моря в пределах Калининградской области на всем своем протяжении является рекреационной зоной. Кроме того, значительная ее часть относится к особо охраняемым природным территориям. Северное побережье представляет собой пример береговой зоны, включающей участки абразии, транзита и разгрузки осадочного материала. Несмотря на большое количество дефляционных котловин [4], Куршская коса остается самым крупным участком берега в регионе, где преобладают аккумулятивные процессы. Взвесь — один из ключевых параметров оценки состояния морской природной среды, в частности «взвешенные вещества» входят в перечень загрязняющих веществ, согласно распоряжению Правительства РФ [14]. Также взвесь — транспортный агент для загрязняющих веществ, способных адсорбироваться на поверхности частиц [12]. С этой точки зрения важным является изучение процессов переноса, трансформации и накопления взвешенных веществ [8].

Материалы и методы

Изучение взвешенного вещества было проведено по стандартным методикам с 2003 по 2018 г. в береговой зоне Калининградского (Самбийского) полуострова и Куршской косы. Отбор проб морской воды по двум горизонтам (придонный и поверхностный) осуществлялся ежемесячно с апреля по октябрь на шести основных точках (рис. 1) и ежегодно в летний период на четырех дополнительных (точки 14, 15, 18 и 23). Выделение взвешенного вещества производилось методом ультрафильтрации проб морской воды (объемом 1–3 л) под давлением 0,4 мбар. Использовались ядерные поликарбонатные фильтры производства Объединенного института ядерных исследований (Дубна) диаметром 47 мм и диаметром пор 0,4 мкм [13; 15].

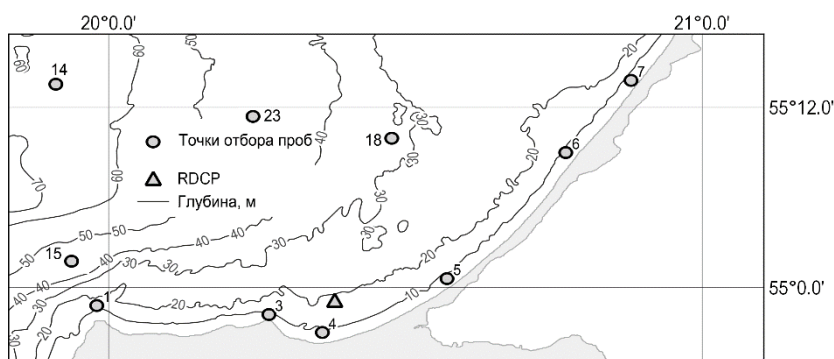


Рис. 1. Расположение точек отбора проб воды и постановки доплеровского профилографа скорости течений RDCP

Изучение вещественного состава полученных в летний период 2017–2018 гг. проб взвешенного вещества было произведено с помощью сканирующего электронного микроскопа *Quanta 250 Fei* (Центр исследования природы, Вильнюс). Образцы не полировались, покрывались слоем угля толщиной 15 нм и плотностью 2,25 д/см³.

Измерение скорости и направления течений в районе крупного источника взвешенного вещества (м. Гвардейский) было осуществлено с помощью автономного доплеровского профилографа скорости течений *Aanderaa RDCP 600* весной 2018 г. С 18.04 по 05.05.2018 г. прибор устанавливался на дно на глубине 19 м на в антивандальной пирамиде на расстоянии 0,6 м от грунта, с 07.05 по 30.05.2018 г. — в рамке на расстоянии 1,5 м от грунта.

Результаты и обсуждение

Среднегодовое (2003–2018) распределение взвешенного вещества в поверхностном и придонном слоях береговой зоны российского сектора юго-восточной части Балтийского моря (рис. 2) соответствует ранее опубликованным данным распределения взвеси во всем российском секторе Юго-Восточной Балтики за более короткие периоды [5; 16]. Максимальные значения среднегодовой концентрации взвеси в поверхностном слое составляют около 3,0 мг/л в точке за м. Гвардейским, где располагаются сразу природный источник терригенной взвеси (абразионный участок берега), антропогенный источник терригенной взвеси (порт Пионерский в стадии строительства, терминал по приему сжиженного природного газа), антропогенный источник биогенной взвеси (выход сточных вод «Объединенных канализационных очистных сооружений») и природный источник биогенной взвеси (мелководная хорошо прогреваемая бухта). По мере удаления от точки с максимальными значениями концентрация взвеси уменьшается до 2,0 мг/л в береговой зоне и до еще меньших значений в открытом море [16].

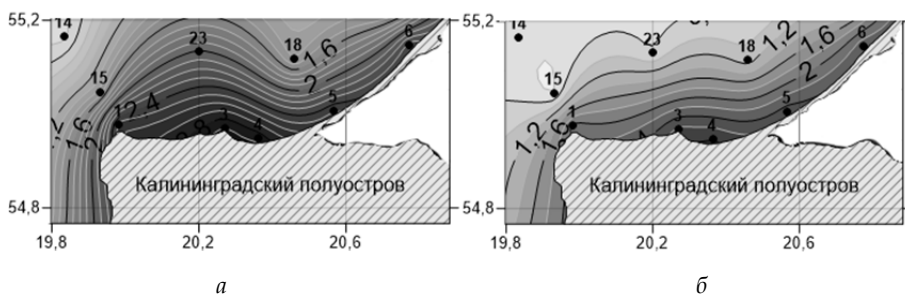


Рис. 2. Распределение взвешенного вещества в поверхностном (а) и придонном (б) слоях моря

Абсолютные значения концентрации взвешенного вещества в придонном слое ниже, чем на поверхности ввиду меньшего биопродуцирования взвеси. Тем не менее локализация максимальных значений в придонном и поверхностном слоях совпадает: максимум в прибрежной зоне также приурочен к востоку от м. Гвардейского и достигает 2,85 мг/л. У берегов национального парка «Куршская коса» значения уменьшаются до 2,3 и 2,1 мг/л по мере удаления от Калининградского полуострова (точки 6 и 7 соответственно).

Согласно данным RDCP, установленного в районе максимальных концентраций взвешенного вещества (западнее пос. Пионерского), доминирующие направления течений различались для поверхностного (рис. 3, а) и придонного (рис. 3, б) слоев. В поверхностном слое основное направление перемещения взвешенного вещества соответствовало существующим представлениям о вдольбереговом потоке наносов [20]: доминирующим направлением течения было юго-восточное. Вместе с этим для придонного слоя юго-восточное и южное направления перемещения взвеси имели минимальное значение, доли остальных направлений были распределены равномерно с небольшим перевесом в сторону северного, то есть выноса взвешенного вещества из береговой зоны моря в открытую часть.

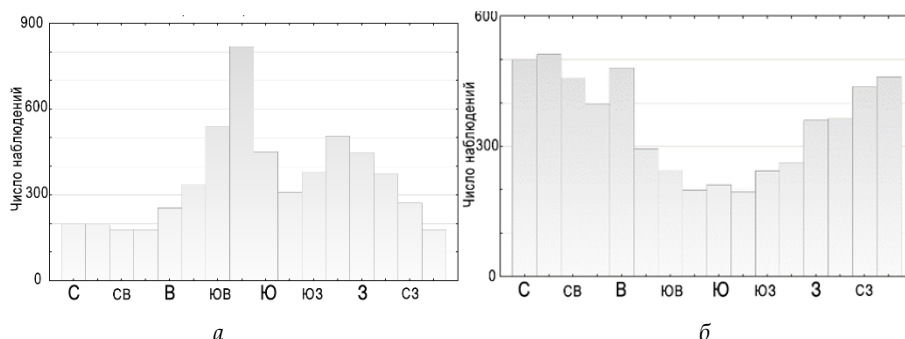


Рис. 3. Гистограмма направлений течений в поверхностном (а) и придонном (б) слоях в районе пос. Пионерского

По результатам сканирующей электронной микроскопии в минеральной фракции доминировали зерна кварца, полевых шпатов (орто-

клас и альбит) и глинистых минералов (иллит, смектит, монтмориллонит). Кроме того, были зафиксированы единичные частицы гедрита, гетита, доломита, амфибола, кальцита и пирита (рис. 4). Наибольшее количество минеральных зерен было обнаружено в пробах, полученных в береговой зоне Калининградского полуострова. Размеры частиц достигают 50 мкм, что не является исключительным для береговой зоны моря, где интенсивно идет ветро-волновое перемешивание. Пробы взвешенного вещества, отобранные у побережья Куршской косы, часто содержали большее количество железа.

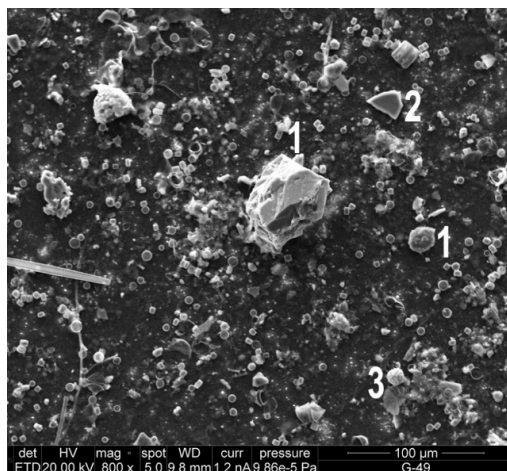


Рис. 4. Проба взвешенного вещества придонного слоя в районе Калининградского полуострова (точка 4):
1 – кварц; 2 – кальцит; 3 – фрамбоид пирита

Пробы взвеси, отобранные в июле 2017 и 2018 гг. (рис. 5, а), находятся под влиянием летнего максимума, вызванного развитием теплолюбивых сине-зеленых водорослей (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon sp.* и др.) [6; 19]. Тем не менее на всех точках мониторинга в пробах присутствуют как целые, так и обломочные диатомовые водоросли и динофлагелляты (рис. 5, б), пик цветения которых приходится на апрель-май [21]. Видовую принадлежность организмов при отборе проб методом принудительной фильтрации с последующей сушкой определить не представляется возможным, поэтому организмы были определены до групповой принадлежности.

В пробах встречались как единичные минеральные зерна и микроорганизмы, так и различные агрегаты смешанного состава. В частности, были найдены пеллеты копепод, которые играют важную роль в переносе взвеси от поверхности в глубинные слои. Интересной особенностью многих проб было наличие динофитовых водорослей (динофлагеллят), обросших частицами (рис. 6) полевых шпатов (ортоклаза), амфиболов, кальцита и глинистых минералов с большим содержанием железа. Среди динофлагеллят существуют виды, создающие себе известковый скелет [18], в то время как создание скелета из других мине-



ралов было обнаружено впервые в данном регионе. Таким образом, данный феномен может иллюстрировать один из механизмов ускоренной седиментации минеральных зерен.

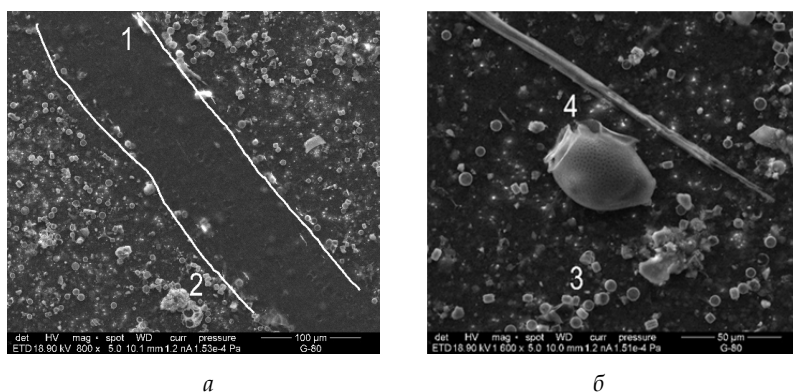


Рис. 5. Проба взвешенного вещества поверхностного слоя (корневая часть Куршской косы, точка 5):

- 1 – колония сине-зеленых бактерий; 2 – осколок диатомовой водоросли;
3 – диатомовые водоросли; 4 – динофитовая водоросль

У побережья Куршской косы в сравнении с береговой зоной Калининградского полуострова уменьшилось количество минеральных зерен и минеральных агрегатов, однако в их составе стало больше глинистых минералов с высоким содержанием железа, в связи с чем точная идентификация частиц оказалась затруднена. Источники железа во взвеси могут быть как естественными, так и антропогенными: размыв так называемой земли Кранта (богатый гидроокислами железа палеогеновый песчаник), судоходство, берегозащитные мероприятия.

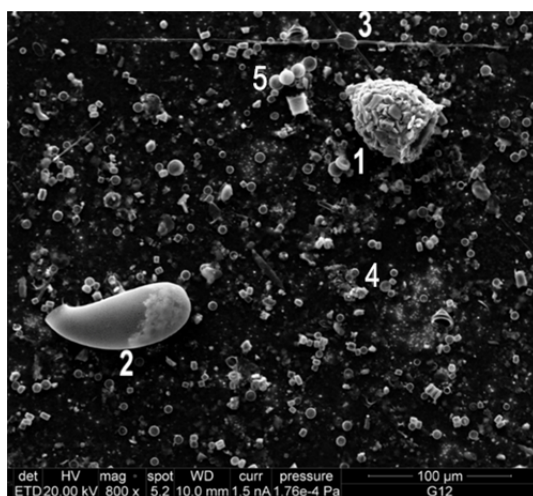


Рис. 6. Проба взвешенного вещества из поверхностного слоя (Светлогорск, точка 3):

- 1 – скопление частиц кварца и ортоклаза на скелете динофлагелляты;
2 – пеллета планктонных ракообразных; 3 – диатомовая водоросль;
4 – частица ортоклаза; 5 – скопление диатомовых водорослей



Заключение

Распределение взвешенного вещества в береговой зоне моря Калининградской области за 2003–2018 гг. соответствует циркумконтинентальной зональности с осложнениями, вызванными неравномерным распределением источников взвешенного вещества (естественных и антропогенных). Максимальные среднемноголетние концентрации взвеси (до 3 мг/л) – в вогнутой части берега на стыке Калининградского полуострова и Куршской косы, где наблюдается совместное действие нескольких источников взвешенного вещества (абразия, биопродуцирование, антропогенная деятельность).

Направление транспорта взвешенного вещества от основного источника на северном побережье Калининградской области различается для придонного и поверхностного слоев моря. В поверхностном слое генеральное направление перемещения взвешенных частиц соответствует направлению вдольберегового потока наносов – восточному и юго-восточному, в то время как для придонного слоя характерен больший вынос частиц в сторону открытой части моря.

В составе взвеси доминирует биогенная фракция, включающая колонии сине-зеленых бактерий, диатомовых водорослей и динофлагеллят. Среди минеральных зерен доминировали зерна кварца, полевых шпатов (ортоклаз и альбит) и глинистых минералов с высоким содержанием железа (количество зерен глинистых минералов в пробах растет от Калининградского полуострова к Куршской косе).

Сбор данных был выполнен в рамках госзадания ИО РАН (тема №0149-2019-0013). Работа с RDCP была осуществлена при поддержке гранта РФФИ №18-35-00656, изучение взвешенного вещества в береговой зоне Куршской косы было проведено при поддержке гранта РФФИ №19-45-393001. Изучение взвешенного вещества методом сканирующей электронной микроскопии осуществлялось в центре коллективного пользования Центра исследования природы (Nature Research Center) в Вильнюсе. Определение групповой принадлежности фитопланктона проведено благодаря заведующей Лаборатории морской экологии АО ИО РАН Елене Евгеньевне Ежовой.

Список литературы

1. Бабаков А. Н. Пространственно-временная структура течений и миграций наносов в береговой зоне юго-восточной Балтики (Самбийский п-ов и Куршская коса) : дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2003.
2. Блажчишин А. И. Баланс осадочного материала в Гданьском бассейне Балтийского моря // Литология и полезные ископаемые. 1984. №5. С. 67–76.
3. Бойнагрин В. Р. Динамика и морфология Самбийского полуострова // Океанология. 1966. Т. 6, вып. 3. С. 458–465.
4. Бурнашов Е. М., Карманов К. В. Дефляционные процессы на морском побережье Куршской косы // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2016. №45. С. 180–191.
5. Власова Т. Е., Бубнова Е. С. Распространение взвешенного осадочного вещества к северу от Калининградского полуострова // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2018. №3. С. 55–62.



6. *Евтушенко Н.В., Шеберстов С.В.* Использование данных спутникового сканера MODIS-Aqua для исследования циклов цветения фитопланктона в Балтийском море // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2016. Т. 13, №3. С. 114–124.

7. *Жиндарев Л.А., Хабидов А.Ш., Тризно А.К.* Динамика песчаных берегов морей и внутренних водоемов. Новосибирск, 1998.

8. *Израэль Ю.А., Цыбань А.В.* Антропогенная экология океана. Л., 1989.

9. *Кнапс Р.Я.* О методике определения характеристик движения наносов на бесприливных морях // *Науч. сообщ. института геол. и геогр. АН Лит. ССР*. Вильнюс, 1956. Т. 3. С. 141–143.

10. *Корзинин Д.В.* Морфодинамика абразионно-бухтового берега при волнениях разной интенсивности (на примере северного побережья Калининградского полуострова, ЮВ Балтика) // *Геоморфология*. 2016. №2. С. 41–50.

11. *Кудрявцева Е.А.* Первичная продукция фитопланктона // *Система Балтийского моря* / под ред. А.П. Лисицына. М., 2017. С. 214–241.

12. *Лебедев В.Л.* *Граничные поверхности в океане*. М., 1986.

13. *Лукашин В.Н., Кречик В.А., Кловиткин А.А. и др.* Речной сток и маргинальные фильтры рек // *Система Балтийского моря* / под ред. А.П. Лисицына. М., 2017. С. 189–214.

14. *Перечень* загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды : распоряжение правительства Рос. Федерации от 8 июня 2015 г. №1316-р. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102551626&backlink=1&&nid=102375372> (дата обращения: 15.01.2020).

15. *Сивков В.В.* *Водная взвесь* // *Нефть и окружающая среда Калининградской области*. Т. II : *Море* / под ред. В.В. Сивкова. Калининград, 2012. С. 120–128.

16. *Bukanova T., Kopelevich O., Vazyulya S. et al.* Suspended matter distribution in the south-eastern Baltic Sea from satellite and in situ data // *International Journal of Remote Sensing*. 2018. P. 1–22. doi: 10.1080/01431161.2018.1519290.

17. *Chubarenko B.* The Vistula Lagoon. In *Transboundary Waters and Basins in the South-East Baltic*. Kaliningrad, 2008. P. 37–57.

18. *Hildebrand-Habel T., Willems H.* New calcareous dinoflagellates (Calciodinelloideae) from the Middle Coniacian to Upper Santonian chalks of Lägerdorf (northern Germany) // *Journal of Micropalaeontology*. 2014. Vol. 23. P. 181–190. doi: <https://doi.org/10.1144/jm.23.2.181>.

19. *Kahru M., Elmgren R.* Multidecadal time series of satellite-detected accumulations of cyanobacteria in the Baltic Sea // *Biogeosciences*. 2014. Vol. 11. P. 3619–3633.

20. *Krek A., Stont Zh., Ulyanova M.* Alongshore bed load transport in the south-eastern part of the Baltic Sea under changing hydrometeorological conditions: Recent decadal data // *Regional Studies in Marine Science*. 2016. P. 81–87. doi: 10.1016/j.rsma.2016.05.011.

21. *Thamm R., Schernewski G., Wasmund N., Neumann T.* Spatial phytoplankton pattern in the Baltic Sea. *Coastline Reports* // *Baltic Sea Typology*. 2004. Vol. 4. P. 85–109.

Об авторе

Екатерина Сергеевна Бубнова — мл. науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: bubnova.kat@gmail.com

The author

Ekaterina S. Bubnova, Junior Research Fellow, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: bubnova.kat@gmail.com

Ю. А. Спирин

МЕТОДИКА АНАЛИЗА СВЯЗИ МЕЖДУ РАСХОДАМИ И УРОВНЯМИ ВОДЫ У РЕК ПОСРЕДСТВОМ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ

40

В статье собраны все имеющиеся данные о среднемесячных расходах и уровнях воды по рассматриваемым рекам, на основе которых составлены гидрологические ряды этих характеристик. Между полученными рядами найдена тесная стохастическая связь. Получены уравнения линейной регрессии, связывающие среднемесячные расходы и уровни воды у исследуемых рек. На основе полученных уравнений построены графики связи между рассматриваемыми величинами, а также рассчитаны и построены границы их доверительных интервалов. По этим графикам связи можно определять среднемесячные расходы или уровни воды в исследуемых реках, владея только одним рядом характеристик. Также можно сделать вывод о нормальном протекании русловых процессов, поскольку разброс точек на графиках связи в пределах нормы и обусловлен, на наш взгляд, типичными для рек природными процессами.

The article contains all the available data on average monthly discharges and water levels for the rivers under study, that provided the background for the hydrological series of these characteristics which are found to be in a close stochastic connection. Linear regression equations connect the average monthly discharges and water levels in the rivers under study. They also provide for the graphs of the relationship between the considered values, and the boundaries of their confidence intervals were calculated and constructed. From these dependences, it is possible to determine the average monthly discharge or water levels in the studied rivers, owning only one set of characteristics. It can also be a picture of regular channel processes, since the distribution of points on the graphs is within the normal range and is attributed to natural rivers processes.

Ключевые слова: среднемесячные расходы воды, среднемесячные уровни воды, метод наименьших квадратов, водотоки Славского района, взаимосвязь гидрологических характеристик.

Keywords: monthly average water flow, monthly average water levels, least square method, watercourses of the Slavsky district, interconnection of hydrological characteristics.

Введение

Калининградская область, а в частности МО «Славский городской округ» (далее Славский район), богата водными ресурсами. Поверхностные водные объекты суши Славского района имеют многоцелевое использование по следующим направлениям: рекреация, сельское и коммунально-бытовое хозяйство, промышленность, осушительная гидротехническая мелиорация и др. Все перечисленные отрасли не могут нормально функционировать без проведения различных гидрологических исследований и наблюдений [1–3].



Славский район имеет следующие водотоки, на которых проводились (а на некоторых проводятся до сих пор) длительные гидрологические наблюдения за расходами и уровнями воды: р. Злая, Матросовка и Немонинка. Данные по этим рекам достаточно разрозненные, и, хотя доступ к ним открытый, их достаточно тяжело получить для ознакомительных и научно-прикладных целей.

Поиск взаимосвязи между различными характеристиками природных компонентов — один из ключевых аспектов научного познания. Благодаря получению и интерпретации различных зависимостей можно решать обширный спектр научно-практических задач и более детально изучать природные процессы. В научной и инженерной практике в области речной гидрологии устоялись взаимосвязи между следующими характеристиками: уровнем и расходом воды; уровнем воды и площадью живого сечения; уровнем воды и средней скоростью течения. При построении подобных зависимостей большую роль играет наличие продолжительных гидрологических наблюдений [4–6].

Наиболее перспективно выглядит обоснование и построение графиков связи между среднемесячными расходами и уровнями воды, поскольку они базируются на наиболее часто используемых характеристиках. Также стоит отметить, что вследствие своей практической значимости эти параметры часто фиксируются различными ведомствами.

Подобные графики (кривые расходов) широко используются на практике при наблюдениях за водотоками. Они упрощают снятие гидрометрических показателей, выражая одну переменную через другую. Для расчета расхода воды в реке необходимо получить два показателя: площадь поперечного сечения и скорость воды. Имея график связи расходов и уровня воды, достаточно определить лишь уровень, что сильно упрощает процесс мониторинга, поскольку уровень воды определяется при помощи прямого измерения, а не косвенного, как расход воды. Также такое упрощение является хорошим дополнением к автономным системам мониторинга, что уменьшает количество затрат на оборудование.

Нами были собраны все имеющиеся данные о среднемесячных расходах и уровнях воды по рассматриваемым рекам, на основе которых были составлены гидрологические ряды этих характеристик. Затем были построены графики связи между среднемесячными расходами и уровнями воды изучаемых водотоков. На наш взгляд, полученные зависимости могут считаться одними из самых полных, поскольку они основаны на достаточно продолжительных периодах наблюдений. Полученные графики могут иметь широкое практическое применение в отраслях водопользования, мониторинга водных объектов, научно-прикладных исследований.

Цель работы: установить связь между среднемесячными расходами и уровнями воды р. Злой, Матросовки и Немонинки.

Задачи исследования: 1) статистическая обработка данных наблюдений; 2) получение уравнений линейной регрессии, связывающих среднемесячные расходы и уровни воды рассматриваемых рек; 3) поиск границ доверительных интервалов для уравнений линейной регрессии; 4) построение графиков уравнений линейной регрессии и их доверительных интервалов.

Объект исследования: р. Злая, Матросовка и Немонинка.

Предмет исследования: гидрологические ряды среднемесячных расходов и уровней воды в водотоках.

Исследуемая территория

Исследуемые реки протекают по территории Славского района (дельтовая низменность р. Неман), который имеет достаточно большое количество поверхностных водных объектов, представленных в основном естественными поверхностными водотоками, существенно модифицированными поверхностными водотоками, открытыми осушительными мелиоративными каналами, озерами и болотами. Рельеф местности представлен в основном плоскими озерными и болотными низинными равнинами, а также плоскими морскими и аллювиально-морскими равнинами.

Река Злая берет свое начало из р. Луговой, в окрестностях с. Калужского, а в своем конце сливается с р. Прямой в районе пос. Гастеллово, образуя р. Ржевку. Длина реки составляет 62 км, водосборная площадь — 292 км². Средний многолетний расход, по имеющимся данным, составляет 1,48 м³/с.

Исток р. Матросовки берет свое начало из р. Неман — в 48 км от ее устья ниже Советска, а впадает в Куршский залив. Длина реки — 43 км. Средний многолетний расход, по имеющимся данным, — 125,32 м³/с.

Исток р. Немонинки находится неподалеку от ответвления р. Матросовки от р. Неман, а устье находится в Куршском заливе. Длина реки составляет 46 км, водосборная площадь — 1380 км². Средний многолетний расход, по имеющимся данным, — 0,53 м³/с.

На рисунках 1 и 2 представлено местоположение исследуемых водных объектов и их гидропостов.

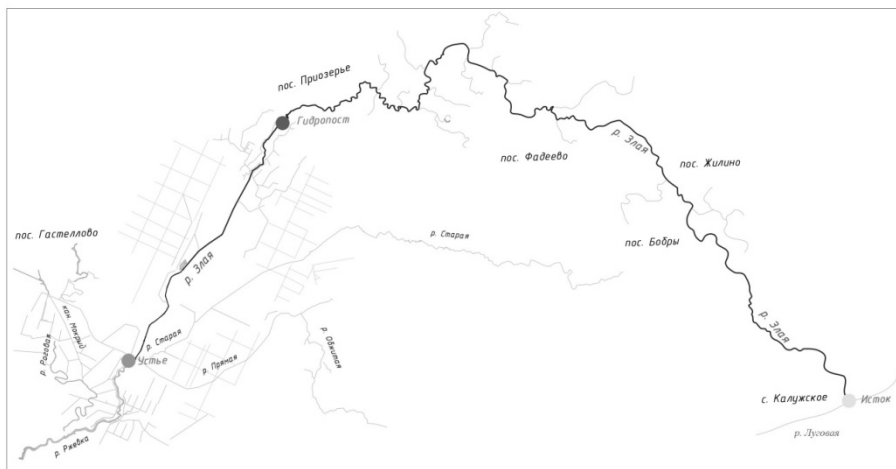


Рис. 1. Схема расположения р. Злой, а также пункта наблюдения за ней

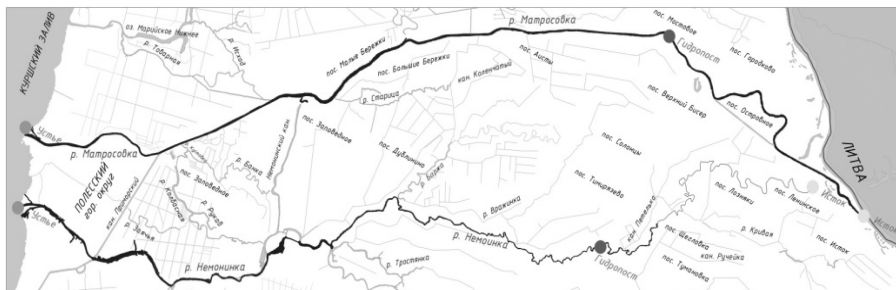


Рис. 2. Схема расположения р. Матросовки и Немонинки, а также пунктов наблюдения за ними

Материалы и методы

Гидрологические ряды среднемесячных расходов и уровней воды р. Злой – с. Приозерье за 1961–1986 гг.; р. Матросовки – дер. Мостовое за 1969–1986 гг.; р. Немонинки – с. Тимирязево за 1963–1986 гг. были составлены из данных Гидрологических ежегодников [7–10]. Гидрологические ежегодники были предоставлены Государственным гидрологическим институтом [11], Институтом водных проблем РАН [12] и Калининградской областной научной библиотекой [13]. Также была получена информация о среднемесячных расходах и уровнях воды из отчетов об Ежегодных данных о режиме и ресурсах поверхностных вод суши [14] по р. Злой за периоды 1990–1991 гг., 1993–2004 гг. и по р. Матросовке за период 1990–2004 гг. Отчеты были предоставлены Государственным гидрологическим институтом. Из Автоматизированной системы государственного мониторинга водных объектов [15] были получены гидрологические данные за период с 2008 по 2017 г. для р. Злой и Матросовки.

В работе были использованы различные методы статистической обработки информации, основополагающим выступил метод наименьших квадратов для поиска уравнений линейной регрессии [16–19].

Результаты и обсуждения

Все дальнейшие расчеты производились в среде *MathCAD*, поэтому для более лаконичного повествования некоторые формулы буду представлены ее операторами.

В работе будет рассмотрено наличие связи между уровнями воды в реках и их расходами. Данные о среднемесячных расходах (Q_g , м³/с) и уровнях воды (H_g , м) в р. Злой, Матросовке и Немонинке представлены на рисунках 3–5.

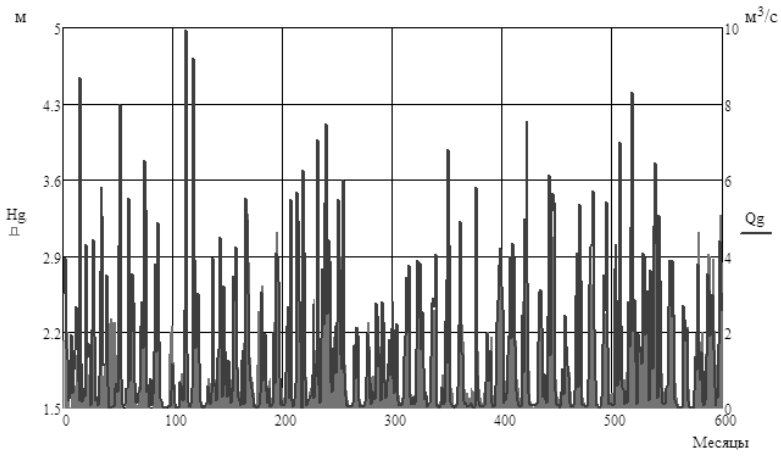


Рис. 3. Среднемесячные расходы ($Q_g, \text{м}^3/\text{с}$) и уровни воды ($H_g, \text{м}$) в р. Злой – с. Приозерье (1961 – 1986 гг., 1990 – 1991 гг., 1993 – 2004 гг., 2008 – 2017 гг.)

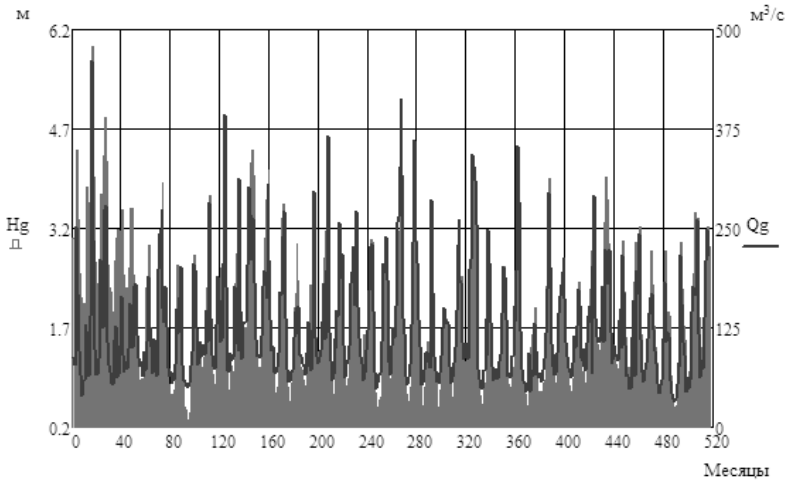


Рис. 4. Среднемесячные расходы ($Q_g, \text{м}^3/\text{с}$) и уровни воды ($H_g, \text{м}$) в р. Матросовке – дер. Мостовое (1969 – 1986 гг., 1990 – 2004 гг., 2008 – 2017 гг.)

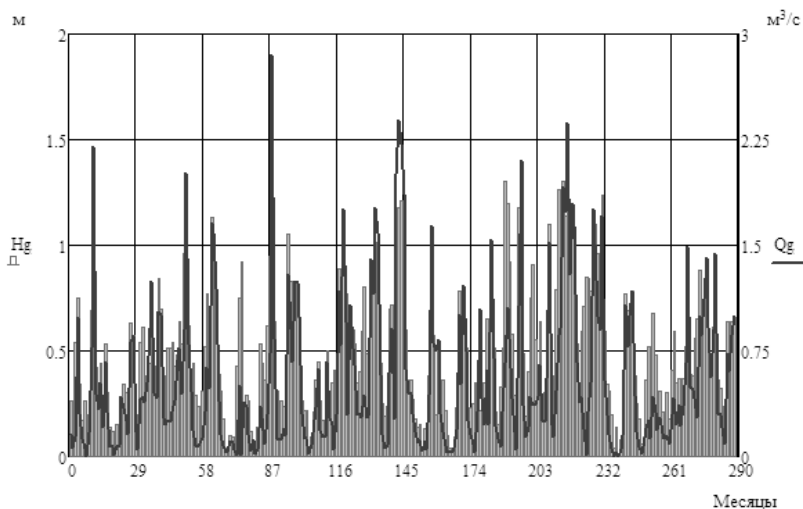


Рис. 5. Среднемесячные расходы ($Q_g, \text{м}^3/\text{с}$) и уровни воды ($H_g, \text{м}$) в р. Немонинке – с. Тимирязево (1963–1986 гг.)

Из данных, представленных на графиках, находим средние, максимальные и минимальные расходы ($avQ_g, \text{max}Q_g, \text{min}Q_g, \text{м}^3/\text{с}$) и уровни ($avH_g, \text{max}H_g, \text{min}H_g, \text{м}$) воды, средние квадратические отклонения в рядах среднемесячных расходов ($\sigma Q_g, \text{м}^3/\text{с}$) и уровней ($\sigma H_g, \text{м}$) воды, коэффициенты парной корреляции между среднемесячными расходами и уровнями воды (r_{qh}) в исследуемых реках. Полученную информацию вносим в таблицу 1.

Таблица 1

Средние, максимальные и минимальные расходы и уровни воды, средние квадратические отклонения в рядах среднемесячных расходов и уровней воды, коэффициенты парной корреляции между среднемесячными расходами и уровнями воды в исследуемых реках

Река	avQ_g	$\text{max}Q_g$	$\text{min}Q_g$	avH_g	$\text{max}H_g$	$\text{min}H_g$	σQ_g	σH_g	r_{qh}
Злая	1,48	9,92	0,01	1,97	3,44	1,43	1,78	0,45	0,89
Матросовка	125,32	460,00	32,30	1,84	5,95	0,20	69,14	1,01	0,84
Немонинка	0,53	2,85	0,00	0,49	1,51	0,00	0,54	0,32	0,85

Максимальные и минимальные значения необходимы для выбора шага аппроксимации и, как следствие, выставления корректно отображаемого диапазона на графиках связи. Средние значения используются как в формулах, так и наряду со среднеквадратическим отклонением, что позволяет увидеть, как распределяются значения в рассматриваемом ряде. Коэффициенты парной корреляции между среднемесячными расходами и уровнями воды в исследуемых реках покажет тесноту стохастической связи между этими величинами. Чем ближе полученное значение к 1 или -1, тем теснее связь.



Найдем уравнение линейной регрессии, связывающее величины. Поиск будем осуществлять в виде многочлена k -ой степени. Выбираем шаг аппроксимации (h) и вносим его в таблицу 2.

Таблица 2

Шаг аппроксимации

Река	Злая	Матросовка	Немнинка
Шаг аппроксимации (h)	0, 0,1... 10	0, 0,1... 480	0, 0,1... 8

Введем необходимые для расчетов функции при помощи встроенных операторов *MathCAD*:

$$vs_k = \text{regress}(Qg, Hg, k), \quad (1)$$

$$R1(h) = \text{in terp}(vs_1, Qg, Hg, k), \quad (2)$$

$$R2(h) = \text{in terp}(vs_2, Qg, Hg, k), \quad (3)$$

$$R3(h) = \text{in terp}(vs_3, Qg, Hg, k), \quad (4)$$

$$R4(h) = \text{in terp}(vs_4, Qg, Hg, k), \quad (5)$$

где k – порядок аппроксимации.

Найдем средние квадратические значения относительных отклонений экспериментальных данных (данных наблюдений) от сглаживающей функции (многочлен аппроксимации), %:

$$\varepsilon_k = 100 \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1-k} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{Hg_i}{R(Qg_i)} - 1 \right)^2}, \quad (6)$$

где n – число членов гидрологического ряда.

Полученные данные внесем в таблицу 3.

Таблица 3

Средние квадратические значения относительных отклонений экспериментальных данных (данных наблюдений) от сглаживающей функции (многочлен аппроксимации), %

Река	ε_1	ε_2	ε_3	ε_4
Злая	9,77	9,28	9,29	9,30
Матросовка	39,45	40,73	41,48	41,03
Немнинка	46,52	51,78	57,37	59,59

Из таблицы 3 выберем порядки сглаживающих функций Qg и Hg , обеспечивающие наименьшие значения средних квадратических отклонений экспериментальных данных, и построим уравнения линейной регрессии для каждой реки (табл. 4). В данной работе порядок полинома определяется наименьшим значением, полученным по формуле 6, а в таблице 3 эти значения отмечены курсивом. Для р. Злой это полином 2-го порядка, для р. Матросовки и Немнинки – 1-го порядка.



Уравнения линейной регрессии для каждой реки

Река	Уравнение линейной регрессии
Злая	$Qr(h) = 1.574 + 0.338 \cdot h - 0.019 \cdot h^2$
Магросовка	$Qr(h) = 0.308 + 0.012 \cdot h$
Немонинка	$Qr(h) = 0.217 + 0.506 \cdot h$

Вычислим средние квадратические отклонения уровня воды и расхода воды в реке от линейной зависимости $C(h)$, м:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (Hg_i - Qr(Qg_i))^2}. \tag{7}$$

Найдем суммы квадратов отклонений результатов измерений расходов воды от среднего выборочного значения, m^3/c :

$$SO = \sum_{i=1}^n (Qg_i - avQg)^2. \tag{8}$$

Построим нижние и верхние доверительные интервалы для уравнений линейной регрессии ($t\gamma = 1,96$) [20]:

$$f1(h) = C(h) - t\gamma \cdot \sigma_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(h - avQg)^2}{SO}}, \tag{9}$$

$$f2(h) = C(h) + t\gamma \cdot \sigma_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(h - avQg)^2}{SO}}. \tag{10}$$

Далее построим графики связи между среднемесячными расходами ($Qg, m^3/c$) и уровнями (Hg, m) воды для каждой реки (рис. 6–8).

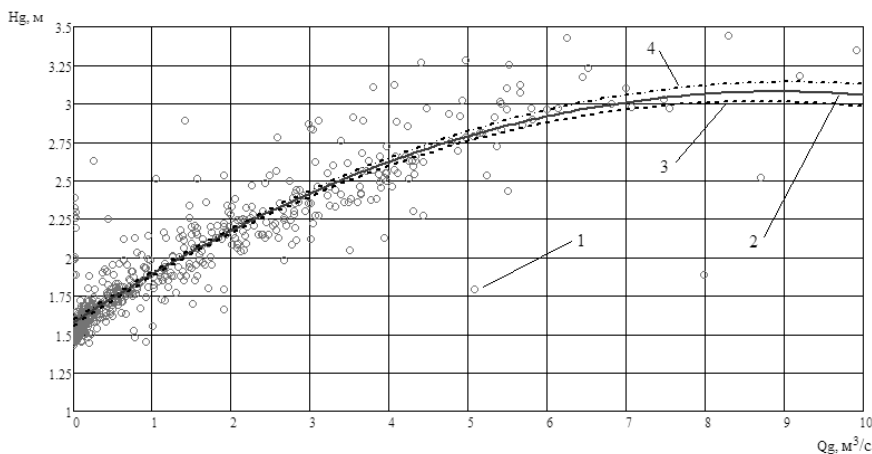


Рис. 6. График связи между среднемесячными расходами ($Qg, m^3/c$) и уровнями (Hg, m) воды в р. Злой – с. Приозерье: точки – данные наблюдений; 1 – данные наблюдений; 2 – уравнение линейной регрессии; 3, 4 – нижний и верхний доверительные интервалы

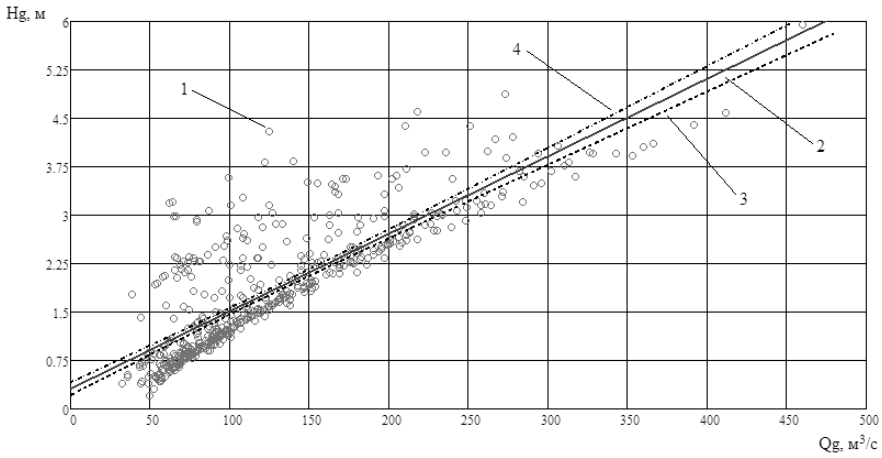


Рис. 7. График связи между среднемесячными расходами ($Q_g, \text{м}^3/\text{с}$) и уровнями ($H_g, \text{м}$) воды в р. Матросовке – дер. Мостовое: точки – данные наблюдений; 1 – данные наблюдений; 2 – уравнение линейной регрессии; 3, 4 – нижний и верхний доверительные интервалы

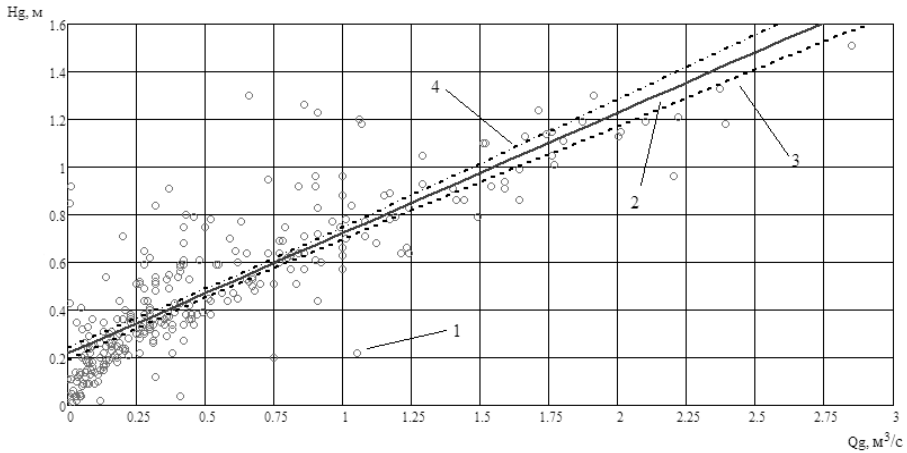


Рис. 8. График связи между среднемесячными расходами ($Q_g, \text{м}^3/\text{с}$) и уровнями ($H_g, \text{м}$) воды в р. Немонинке – с. Тимирязево: точки – данные наблюдений; 1 – данные наблюдений; 2 – уравнение линейной регрессии; 3, 4 – нижний и верхний доверительные интервалы

Небольшой разброс точек относительно графиков уравнения линейной регрессии, помимо неизбежно допускаемых погрешностей при измерении рассматриваемых величин, свидетельствует о протекании различных природных процессов: неустойчивость русла реки, изменчивость уклона водной поверхности в течение года, заторы, вызванные бобрами, и др. Из построенных графиков можно сделать вывод, что р. Злая и Немонинка в равной степени подвергаются таким русловым процессам, как размыв и заиление (зарастание), в то время как русло



р. Матросовки склонно больше к заилению, а размыва фактически не происходит. Это связано с тем, что практически по всей длине р. Матросовки возведены укрепленные дамбы.

Заключение

Коэффициент парной корреляции между среднемесячными расходами и уровнями воды достаточно высокий, что говорит о тесной стохастической связи. Получены уравнения линейной регрессии, связывающие среднемесячные расходы и уровни воды у исследуемых рек. На основе этих уравнений были построены графики связи между рассматриваемыми величинами, а также рассчитаны и построены границы их доверительных интервалов.

По полученным графикам связи можно определять среднемесячные расходы или уровни воды в исследуемых реках, владея только одним рядом характеристик. Это сильно упрощает гидрологический мониторинг водотоков: через уровень воды можно выразить расход воды, что избавляет от надобности измерять площадь поперечного сечения водотока и его скорость для расчета расхода воды. Подобное упрощение может стать существенным дополнением для потенциальных автоматизированных систем мониторинга рассматриваемых рек.

Также можно сделать вывод о нормальном протекании русловых процессов, поскольку разброс точек на графиках связи в пределах нормы, и обусловлен, на наш взгляд, типичными для рек природными процессами. Более значимые отклонения, выраженные разбросом большего количества точек, сконцентрированных в одной области, говорили бы о серьезном природном или антропогенном воздействии. Такими воздействиями можно считать возведение водохранилища, существенную модификацию водотока, продолжительные засухи или холодные зимы и т. д.

Список литературы

1. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Маркова Л.В., Смирнова А.А. Результаты натурных исследований малых водотоков на мелиорированных землях региона // Вода: химия и экология. 2013. №7. С. 18–26.
2. Спириин Ю.А., Зотов С.И. Проблемы геоэкологического состояния и использования поверхностных вод Калининградской области // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2019. Т. 29, №2. С. 221–227.
3. Нелюбина Е.А. Некоторые особенности формирования расходов весеннего половодья 2008–2015 годов на реке Инструч // Развитие инженерно-технических методов природообустройства и водопользования. Калининград, 2018.
4. Qiang Z., Chong Yu. Xu., Yongqin D. C. Variability of water levels and impacts of streamflow changes and human activity within the Pearl River Delta, China // Hydrological Sciences Journal. 2010. Vol. 55. P. 518–523.
5. Jian J., Ryu D., Costelloe J.F., Su C.-H. Towards hydrological model calibration using river level measurements // Journal of Hydrology: Regional Studies. 2017. Vol. 10. P. 95–96.



6. Двинских С.А., Девяткова Т.П., Китаев А.Б., Тереханова Т.А. Динамика кривых расходов воды как индикатор русловых процессов // Географический вестник. 2012. №4. С. 30–40.

7. Гидрологический ежегодник 1961–1964 г. Т. 1, вып. 5, 6 : Бассейны рек Немана, Преголи и Вислы. Л., 1963–1966.

8. Гидрологический ежегодник 1965–1980 г. Т. 1, вып. 5, 6 : Бассейны рек Нямунас, Преголи и Вислы. Вильнюс, 1967–1982.

9. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1981–1984 г. Ч. 1 : Реки и каналы. Ч. 2 : Озера и водохранилища. Т. 8, вып. 4 : Бассейны рек Калининградской области. Вильнюс, 1983–1986.

10. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1985–1986 г. Ч. 1 : Реки и каналы. Ч. 2 : Озера и водохранилища. Т. 8, вып. 4 : Бассейны рек Калининградской области. Обнинск, 1987–1988.

11. Государственный гидрологический институт : [сайт]. URL: <http://www.hydrology.ru> (дата обращения: 28.01.2020).

12. Институт водных проблем РАН : [сайт]. URL: <http://www.iwp.ru> (дата обращения: 28.01.2020).

13. Калининградская областная научная библиотека : [сайт]. URL: <http://www.lib39.ru> (дата обращения: 28.01.2020).

14. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1990–2004 г. Ч. 1 : Реки и каналы. Т. 1, вып. 4 : Бассейны рек Калининградской области. СПб., 2012.

15. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов : [сайт]. URL: <https://gmvo.skniivh.ru> (дата обращения: 28.01.2020).

16. Спирин Ю.А., Пунтусов В.Г. Особенности формирования уровня грунтовых вод на польдере насосной станции №20а в Славском районе Калининградской области // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. №2. С. 27–30.

17. Иванов Е.Г. Об особенностях формирования и способах описания статистических зависимостей в гидрологии // Водное хозяйство России. 2007. №2. С. 22–26.

18. Мойса А.В., Наумов В.А. Ряд максимальных годовых уровней воды малой реки // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3, №1. С. 15–20.

19. Наумов В.А. Методы обработки гидрологической информации : учебник. Калининград, 2014. С. 125–131.

20. Электронный учебник по статистике : [сайт]. URL: <http://statsoft.ru> (дата обращения: 28.01.2020).

Об авторе

Юрий Александрович Спирин – асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: spirin1234567890@rambler.ru

The author

Yuri A. Spirin, PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: spirin1234567890@rambler.ru

И. Ю. Дудков

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РЕЛЬЕФА ДНА РОССИЙСКОГО СЕКТОРА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Ретроспективный обзор ранее полученных результатов региональных геоморфологических исследований, их хронологическая систематизация, выделение главных результатов и характера исследовательских работ для каждого из этапов изученности может служить хорошим подспорьем для тех, кто только начал свое знакомство с данной отраслью науки. В работе проведен анализ литературных источников с конца XIX в., посвященных геолого-геоморфологическим и эко-ландшафтным исследованиям российского сектора юго-восточной части Балтийского моря. Выделены и охарактеризованы хронологические этапы развития исследований.

A retrospective review of previously obtained results of regional geomorphological studies, their chronological systematization, highlighting the main results and the nature of research at every stage of study can serve a good introduction to this field of science. The article focuses on the papers of the late 19th century on geological-geomorphological and eco-landscape studies of the Russian sector of the southeastern part of the Baltic Sea. The chronological stages of research development are identified and characterized.

Ключевые слова: морская геология, геоморфология дна, юго-восток Балтийского моря, российская ИЭЗ.

Keywords: marine geology, submerged relief, geomorphology, south-eastern Baltic Sea, russian EEZ.

Введение

Рельеф дна является одним из фундаментальных факторов изменчивости параметров Мирового океана: он оказывает влияние на протекание процессов турбулентного и конвективного перемешивания, волновые процессы, обновление и циркуляцию вод и в целом на адвекцию тепла и солей, перенос биогенных элементов и газов, интенсивность биологических процессов и др. Достоверные и актуальные знания о форме и характерных особенностях рельефа дна Мирового океана необходимы для геологических и геоэкологических исследований, а также исследований в сфере геодинамической активности. Результаты геолого-геоморфологических исследований являются необходимым элементом в математическом моделировании многих океанических процессов, обуславливая граничные условия для протекания жидкости.

Также геолого-геоморфологические исследования — необходимый элемент не только научного познания акватории той или иной части Мирового океана, но и обеспечения эффективного рыбного промысла,



морского строительства и безопасности судоходства. Достоверные сведения о ландшафтах, особенно прибрежных акваторий, выступают обязательным условием для обеспечения эффективности экологического мониторинга и комплексного управления морскими акваториями.

Долгое время геоморфологические исследования морского дна занимали важное место в исследовании акватории российского сектора юго-восточной части Балтийского моря, однако с распадом СССР, спадом прибалтийской кооперации в морских исследованиях, а также ликвидацией группы геоморфологии Атлантического отделения института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (АО ИО РАН) данное направление науки отошло далеко на второй план и стало рассматриваться как сопутствующее геологическим и экологическим исследованиям. Такое положение сохранялось весь переходный период российской науки (1990-е гг.) и начало развиваться в АО ИО РАН только в последние годы.

Целью данной работы является ретроспективное изучение основных этапов геолого-геоморфологических исследований на основе анализа доступных источников XX—XXI столетий, в том числе и наиболее современных публикаций последнего десятилетия, и выделение основных трудов, предоставляющих на сегодняшний момент наиболее актуальные сведения о рельефе морского дна российского сектора юго-восточной части Балтийского моря.

Материалы и методы

В статье проанализированы работы отечественных и зарубежных геологов и геоморфологов, посвященные исследованиям российского сектора юго-восточной части Балтийского моря. Временная систематика проведена на основе анализа типа (статья, монография) и направления (геоморфология прибрежной зоны, общие геолого-геоморфологические исследования, геоморфология отдельных форм мезорельефа и т. д.) опубликованных исследований в ходе определенного промежутка времени. В ходе исследования были использованы следующие источники:

- 1) библиотечные фонды и архивные материалы АО ИО РАН и БФУ им. И. Канта, в том числе отчеты экспедиционных исследований;
- 2) электронные библиотеки (ЭБС) и издательства: *E-library*, *ResearchGate*, *SpringerLink*, *ScienceDirect*;
- 3) отечественные научные журналы: Вестник БФУ им. И. Канта, Океанология, Геоморфология, Водные ресурсы, Известия ВГО, Известия АН СССР;
- 4) иностранные научные журналы.

Основным источником публикаций, посвященных исследованиям восточной и юго-восточной части Балтийского моря с середины 60-х гг., является литовское периодическое издание *Baltica* (Клайпеда, Литва). Большая часть работ советских и российских авторов, посвященных геологии и геоморфологии юго-восточной части Балтийского моря, опубликованы именно в данном журнале.



Помимо научных статей, очень важный источник — тематические сводные труды и монографии отечественных и зарубежных авторов [4; 9; 17; 21], посвященные геологии Балтийского моря, а также карты и атласы [12; 13; 24].

В 60-х гг. XX в. в рамках выявления перспективных месторождений углеводородов на акватории юго-восточной части Балтийского моря ВНИИМОРГЕО были проведены масштабные геологоразведочные работы на морском шельфе [20]. Такого масштаба и комплексности геологических исследований не проводилось до сих пор. Многие полученные в те годы результаты не потеряли своей актуальности по сей день. Большой вклад в эколандшафтные исследования был сделан в ходе производственного экологического мониторинга Кравцовского нефтяного месторождения Д-6, проводимого ООО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть» с 2004 г. по настоящее время [12; 17].

Результаты

В изучении геоморфологии российского сектора юго-восточной части Балтийского моря выделяется несколько этапов (рис. 1, 2):

1) этап немецких, преимущественно прибрежных исследований рельефа дна до 1940-х гг.;

2) этап ранних советских геолого-геоморфологических исследований, охватывающий временной промежуток 1950—1960-х гг.;

3) этап геолого-геоморфологических исследований масштабов 1:500 000 и 1:200 000 и геологоразведочных работ по поиску полезных ископаемых, охватывающий период 1970-х — начала 1990-х гг.;

4) этап утраты интереса к морским геолого-геоморфологическим исследованиям, охватывающий 1990-е — начало 2000-х гг.;

5) этап современных региональных геолого-геоморфологических и геоэкологических (ландшафтных) исследований с 2004 г. по сей день.

Каждый из этапов обладает своими особенностями, характеризующимися различными задачами и преобладающими направлениями исследований (рис. 2).

Самый ранний этап геоморфологических исследований характеризуется преимущественно практической направленностью исследовательских работ, связанных с вопросами обеспечения безопасности мореплавания, защиты берегов Самбийского полуострова [14; 30], а также обобщающим геологическим исследованиям дна [12; 27—29]. Для второго этапа, при сохранении прошлых тенденций, становится характерна методическая направленность исследований [9; 12; 20; 25]. Третий этап характеризуется комплексным, преимущественно среднemasштабным (рис. 2) изучением всех геолого-геоморфологических аспектов юго-востока Балтийского моря, это наиболее плодотворный этап [1; 2; 4—6; 9; 10; 12; 20; 21].

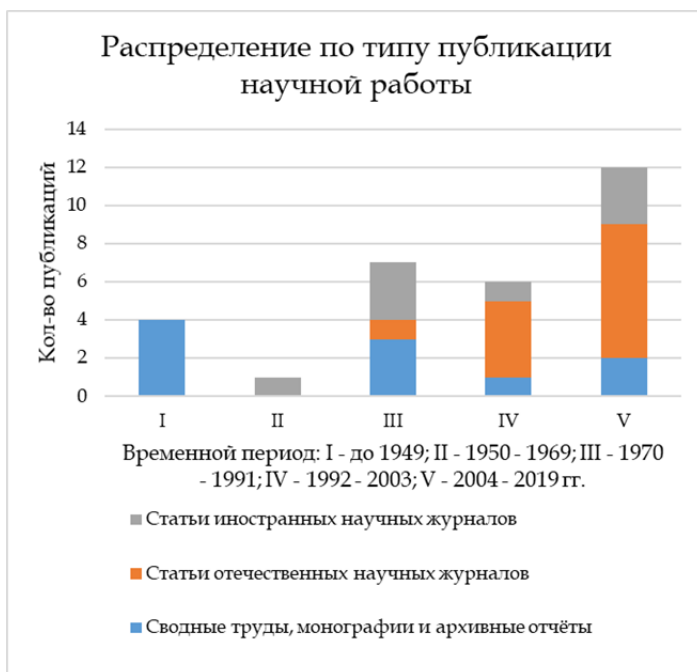


Рис. 1. Распределение исследовательских работ по типу публикации

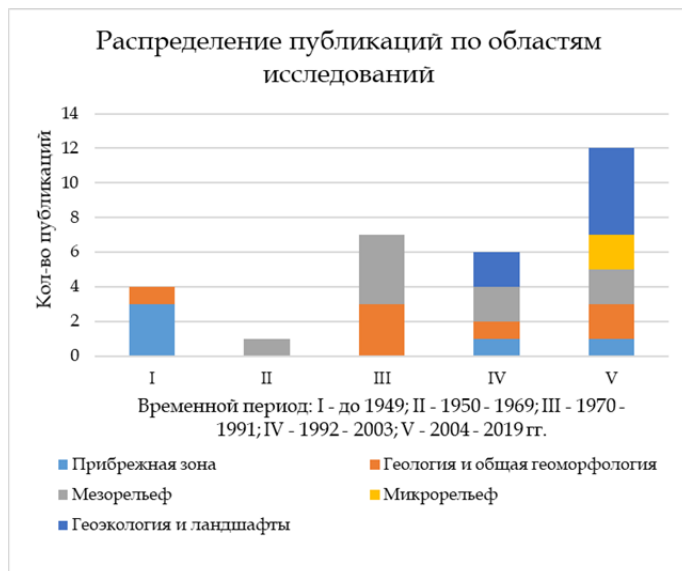


Рис. 2. Распределение публикаций по области научных исследований

Четвертый этап отражает утрату интереса к геолого-геоморфологическим исследованиям, что заключается в малом количестве публикаций монографий и сводных трудов (рис. 1) и преобладающем характере



ре исследований — обобщение накопленного за предыдущие годы материала [11; 13; 15; 24]. Также в этот период происходит развитие геоэкологических (ландшафтных) исследований морского дна [2; 3; 12; 18].

Пятый этап характеризуется постепенным возрождением интереса к геоморфологии дна юго-восточной части Балтийского моря. Для этапа характерно преобладание крупномасштабных исследований с использованием современных гидроакустических методов, а также дальнейшее развитие геоэкологического направления исследований [7; 8; 12; 13; 15; 18; 22; 23; 26].

Наиболее полное представление о геоморфологии дна российского сектора юго-восточной части Балтийского моря и основных его особенностях опубликовано в сводных материалах крупнейших геолого-геофизических исследований [4; 20], дополненных современными эколандшафтными [8; 18; 19; 23] и крупномасштабными геолого-геоморфологическими исследованиями современности [7; 22; 26], а также картографическим материалом [12; 13; 24].

Обсуждение

Ранний этап геолого-геоморфологических исследований связан с мелкокомасштабными, обобщающими исследованиями рельефа дна юго-восточной части Балтийского моря в конце XIX и начале XX в. Данные батиметрии преимущественно предоставлялись морскими навигационными и ранними региональными батиметрическими картами. Детальность таких карт позволяла отчетливо выделять крупные структуры рельефа, например субгоризонтальную поверхность дна Гданьской (Данцигской) впадины. Для отдельных районов детальность проводимых исследований позволяла выделит на морском дне и относительно мелкокомасштабные подробности, такие как наиболее крутые подводные уступы северо-западного склона Самбийского полуострова. Среди таких детальных исследований можно выделить карту Гданьского бассейна в работе Абромейта [27] или описание простираия изобат в работе Аккермана [28].

Другой характерной особенностью работ раннего периода являлось особое внимание к изучению побережья и подводного берегового склона Самбийского полуострова, что было в первую очередь направлено на берегозащитную деятельность. Среди подобных исследований можно выделить работы Брюкманна [29].

Вторым периодом развития геоморфологических исследований в пределах юго-восточной части Балтики можно выделить 1950-е — конец 1960-х гг. Данный этап характеризуется методической направленностью проводимых исследований. Происходит разработка и внедрение геофизических — сейсмоакустических [20] и гидроакустических — методик обследования морского дна, а также геологических (методы пробоотбора и интерпретации геологического материала). Создаются организации, многие из которых до настоящего времени занимают



главное положение в геолого-геоморфологических исследованиях юго-восточной части Балтийского моря, появляются первые издания научного журнала *Baltica*. Среди важнейших организаций:

- 1) Атлантическое отделение Института Океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР (сегодня — АО ИО РАН), образованное в 1957 г., Калининград;
- 2) Литовский геологический институт, образованный в 1963 г., Вильнюс (с 2002 г. — Институт геологии и географии ЛАН);
- 3) Всесоюзный научно-исследовательский институт морской геологии и геофизики (ВНИИМОРГЕО), образованный в 1967 г., Рига (расформирован).

56

В 1955 г. Гуделис [25] впервые предпринял попытку установить возможное простираение затопленных береговых линий в российском секторе путем экстраполяции наблюдаемых древнебереговых уступов на литовском побережье [6]. Обнаружение перспективных запасов шельфовой нефти [20] в конце 1960-х гг. способствовало развитию геолого-геоморфологических исследований. В 1967 г. Руденко была составлена первая батиметрическая карта для центральной и юго-восточной частей Балтийского моря [13]. В 1970 г. публикуется исследование литовских коллег во главе с Гуделисом, обобщающее сведения о геологическом и геоморфологическом строении юго-восточной части моря [5].

Наиболее плодотворным является третий период, охватывающий 1970-е — начало 1990-х гг., который можно считать классическими. С 1975 по 1978 г. проводится крупная геолого-геофизическая съемка акватории юго-восточной части Балтийского моря, масштаб 1 : 200 000 и 1 : 500 000 [20]. Работы были организованы ВНИИМОРГЕО, основная их цель — разведка месторождений полезных ископаемых, в особенности углеводородов. Данная экспедиция является наиболее крупной из когда-либо проводимых в данной части моря. Многие результаты работ не потеряли своей ценности и сегодня. Особенно это касается результатов сейсмоакустического профилирования и некоторых выводов о геоморфологическом, стратиграфическом и тектоническом строении подводного рельефа.

В 1974 г. была опубликована первая обзорная геоморфологическая карта, составленная Литвиным, на которой были обозначены типы и структурные элементы подводного рельефа [10]. В 1976 г. Емельяновым и Гуделисом совместно был опубликован первый крупный обобщающий труд, посвященный вопросам геологии и геоморфологии Балтийского моря [9]. Данная монография, наряду с [4], является одним из важнейших научных источников геолого-геоморфологических исследований юго-восточной части Балтийского моря.

На данном этапе большое внимание уделяется изучению затопленных древних береговых уступов. Литовским коллективом под руководством Гуделиса в 1977 г. проводится первое крупное исследование, посвященное определению форм, расположения и литологических особенностей затопленных древнебереговых уступов [6]. В 1982 г. публикуются результаты исследований древнебереговых уровней моря под



руководством Блажчишина [1], где на основе обобщения материалов экспедиций 1960-х гг. устанавливается наличие в пределах юго-восточной Балтики шести древнебереговых уровней моря на различных отметках глубин: от 0–2 м над уровнем моря до 60 м ниже его. В будущем их положение будет уточнено [26].

С 1982 г. научными коллективами АО ИО АН СССР и Литовского геологического института начинается работа над составлением и изданием комплекса сводных карт (геологической, четвертичных отложений и геоморфологической) Балтийского моря масштаба 1:500 000. Завершающая часть данной работы – публикация в 1991 г. монографии под редакцией Григялиса [4]. Этот труд является сопроводительной запиской к сводным картам и представляет собой обобщение практически всей известной на тот момент информации о геологическом и геоморфологическом строении и развитии Балтийского моря. По настоящее время данная монография считается одним из наиболее комплексных источников о геологии и геоморфологии Балтийского моря.

В 1992 г. под редакцией Терзиева [21] публикуется крупная сводная монография, посвященная вопросам гидрологии и гидрохимии, однако в ней также имеются общие, реферативные и актуальные сведения о геоморфологии и геологии моря. В этот же год публикуется одна из первых работ, посвященных геоэкологии морских ландшафтов, под авторством Блажчишина [2]. С опорой на данные о рельефе и осадконакоплении им была составлена схема распределения донных ландшафтов в восточной части Гданьского бассейна. Методика данного исследования частично использована при картировании донных ландшафтов в пределах юго-восточной части Балтийского моря [8; 18; 19].

Период, охватывающий 1990-е – начало 2000-х гг., характеризуется утратой интереса к морским геоморфологическим исследованиям данной части моря, что проявляется в уменьшении количества тематических публикаций и их обобщающем характере. Причины в основном связаны с тремя событиями: распадом СССР, повлекшим за собой не только спад материальной поддержки науки, но и разрыв кооперации между учеными АО ИО РАН и Института геологии и географии ЛАН; расформированием Лаборатории геоморфологии моря в АО ИО РАН и постепенным уходом из науки ученых-геоморфологов, таких как А. И. Блажчишин (1933–1998), В. М. Литвин (1932–2001), В. К. Гуделис (1923–2007). Для данного этапа наиболее характерны работы, посвященные обобщению архивных данных, например непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСП), геологического пробоотбора [15] и данных батиметрии [13; 24], а также развитие геоэкологических исследований [12; 17].

Среди важных обобщающих исследований данного периода выделяется работа Свиридова и Емельянова [15]. Она посвящена обобщению крупнейшего массива архивных данных НСП и геологических колонок. Авторами были выделены и охарактеризованы фациально-литологические комплексы четвертичных отложений центральной и юго-



восточной частей моря. Важнейшим результатом работы является составленная авторами карта распространения комплексов масштаба 1:500 000. Другие важные обобщающие работы: батиметрическая карта центральной части Балтийского моря 1998 г. [24], составленная литовско-шведским коллективом ученых под редакцией Гялумбаускайте, и батиметрическая карта Балтийского моря 2004 г., составленная сотрудником АО ИО РАН Руденко [13]. Обе карты масштаба 1:500 000 построены с различной региональной точностью, из них более детальной является [24].

С 2004 г. (условно) начинается этап современных геоморфологических исследований российской акватории юго-восточной части Балтийского моря. В 2010 г. коллегами из Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ) публикуется Геолого-экологический атлас российских секторов Балтийского моря [12], который включает в себя обновленные геологические, батиметрические и геоэкологические (ландшафтные) карты масштаба 1:700 000. Несмотря на мелкий масштаб, опубликованная в атласе батиметрическая карта по своему уровню детальности для юго-восточной части Балтийского моря не уступает карте [24].

Вновь поднимается вопрос затопленных древнебереговых уступов. В 2011 г. выходит коллективная статья сотрудников АО ИО РАН, посвященная уточнению положения и характеристике затопленных древних береговых уступов в районе мыса Таран по данным современных батиметрических и геологических исследований [26].

Продолжается развитие геоэкологического направления исследований. В 2014 г. выполняется мелкомасштабное ландшафтное картирование дна российского сектора юго-восточной части Балтийского моря на основе абиотического подхода [18; 23]. Данный подход является развитием идей Блажчишина [2], Литвина и основан на европейском опыте ландшафтного картирования [18].

Среди крупномасштабных геоморфологических и ландшафтных исследований в последнее время особенно выделяются работы Д. В. Дорохова и В. В. Сивкова. Среди наиболее важных можно выделить исследования, посвященные ландшафтному картированию дна северного склона Самбийского полуострова в районе мыса Таран и южного склона Куршской косы [7; 8; 19]. Особенно значимой работой недавних лет является открытие новых элементов микрорельефа дна юго-восточной части Балтийского моря — борозд айсбергового выпаживания, или плугмарков [8; 22].

Таким образом, современные геоморфологические исследования российского сектора юго-восточной части Балтийского моря выполняются по направлениям ландшафтного картирования дна регионально-масштаба и крупномасштабным геоморфологическим исследованиям с применением современных геоакустических методов — гидролокации бокового обзора, одно- и многолучевого эхолотирования с отбором геологических проб, необходимых для интерпретации геофизических данных.



Благодарности. Автор выражает благодарность организациям АО ИО РАН и БФУ им. И. Канта, а также отдельно Дорохову Дмитрию Владимировичу, за предоставленные материалы и помощь в работе.

Список литературы

1. Блажчишин А.И. Древнебереговые уровни и образования в Юго-Восточной части Балтийского моря // Baltica. 1982. Т. 7. С. 57–64.
2. Блажчишин А.И. Подводные ландшафты Калининградского взморья в районе Самбийского полуострова // Геоэкология морских ландшафтов. Калининград, 1992. С. 90–99.
3. Блажчишин А.И. Техногенная седиментация в юго-восточной Балтике (Калининградское побережье) // Проблемы изучения и охраны природы Куршской косы. Калининград, 1998. С. 68–86.
4. Григялис А.А. Геология и геоморфология Балтийского моря : сводная объяснительная записка к геологическим картам масштаба 1 : 500 000. Л., 1991.
5. Гуделис В.К. Общие черты геологии и геоморфологии дна Центрального сектора Балтийского моря // Baltica. 1970. Т. 4. С. 103–114.
6. Гуделис В.К. Геоморфология и поздне-последлениковские донные отложения Юго-Восточной Балтики // Baltica. 1977. Т. 6. С. 245–256.
7. Дорохов Д.В., Дорохова Е.В. Литодинамические и геоморфологические особенности террасированного подводного склона Самбийского п-ова // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки и медицинские науки. 2014. №1. С. 30–41.
8. Дорохов Д.В., Дорохова Е.В. Абиотический подход к крупномасштабному картированию субкавальных ландшафтов юго-восточной части Балтийского моря // Третьи ландшафтно-экологические чтения «Ландшафтная география в XXI веке» : тез. междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Г.Е. Гришанкова. М., 2018. С. 352–355.
9. Емельянов Е.М., Гуделис В.К. Геология Балтийского моря. Мокслас, 1976.
10. Литвин В.М. Основные черты геоморфологии дна Балтийского моря // Вопросы четвертичной геологии. 1974. Т. 7. С. 99–108.
11. Орленок В.В. Сейсмоакустическая структура кайнозойских отложений подводного склона юго-восточной Балтики // География на рубеже веков. Калининград, 2001. С. 65–75.
12. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / под ред. О.В. Петрова. СПб., 2010.
13. Руденко М.В., Ражева Т.И. О новой батиметрической карте Балтийского моря // Океанология. 2004. Т. 44, №3. С. 475–478.
14. Рябкова О.И., Левченко А.В. Изучение побережья Самбийского полуострова: вклад немецких, советских и российских ученых // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2016. №3. С. 44–70.
15. Свиридов Н.И., Емельянов Е.М. Фациально-литологические комплексы четвертичных отложений центральной и юго-восточной Балтики // Литология и полезные ископаемые. 2000. №3. С. 246–267.
16. Спиридонов М.А., Жамойда В.А., Рябчук Д.В. Региональная и экологическая геология российской Балтики и ее береговой зоны // Региональная геология и металлогения. 2010. №44. С. 90–103.
17. Нефть и окружающая среда Калининградской области / под ред. В.В. Сивкова. М. ; Калининград, 2008.
18. Сивков В.В., Дорохов Д.В., Дорохова Е.В. и др. Абиотический подход к картированию донных ландшафтов в российских секторах Балтийского моря // Региональная экология. 2014. №1-2 (35). С. 156–165.



19. Сивков В.В., Гуцин А.В., Александронец Ю.А. Подводные ландшафты в районе мыса Таран (юго-восточная часть Балтийского моря) // Третьи ландшафтно-экологические чтения «Ландшафтная география в XXI веке» : тез. междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Г.Е. Гришанкова. М., 2018. С. 67–70.

20. *Опытно-производственные работы по геологической съемке масштаба 1:500000 в юго-восточной части Балтийского моря : отчёт о работах Балтийской морской геолого-геодезической экспедиции за 1975–1978 гг. / под ред. И.А. Тимофеева. Рига, 1978.*

21. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 3 : Балтийское море. Вып. 1 : Гидрометеорологические условия / под ред. Ф.С. Терзиева, В.А. Рожкова, А.И. Смирнова. СПб., 1992.*

22. Dorokhov D. V., Dorokhova E. V., Sivkov V. V. Iceberg and ice-keel ploughmarks on the Gdansk-Gotland Sill (south-eastern Baltic Sea) // *Geo-Marine Letters*. 2018. Vol. 38, iss. 1. P. 83–94.

23. Dorokhov D. V., Dorokhova E. V., Sivkov V. V. Marine landscape mapping of the south-eastern part of the Baltic Sea (Russian sector) // *Baltica*. 2017. №30 (1). P. 15–22.

24. Gelumauskaite L. Z., Grigelis A., Cato I. et al. Bottom topography and sediment maps of the Central Baltic Sea. Scale 1:500000. A short description // *LGT Series of Marine Geological Maps №1. Vilnius ; Uppsala, 1999.*

25. Gudelis V. Lietuvos pajurio geologines raidos velyvajame glaciale ir postglaciale (holocene) pagrindiniai etapai. Vilniaus Valst. Kapsuko v. u-to Mokslo darbai, VII, Biologijos, geologijos ir geografijos mokslu. serija, III L. Vilnius, 1955.

26. Sivkov V., Dorokhov D., Ulyanova M. Submerged Holocene wave-cut cliffs in the southeastern part of the Baltic Sea: reinterpretation based on recent bathymetrical data // *The Baltic Sea Basin*. Oslo, 2011. P. 203–217.

27. Arbomeit J., Bock P., Jentsch A. *Handbuch des deutschen Dünnenbaues*. Berlin, 1900.

28. Ackermann C. *Beitrage Zur Physischen Geographie Der Ostsee*. Hamburg, 1883.

29. Brückmann R. Beobachtungen über Strandverschiebungen an der Küste des Samlandes // *Schr. d. Phys.-k. Ges. LII. Leipzig ; Berlin, 1913. S. 120–145.*

30. Mortensen H. Die Morphologie der Samländischen Steilküste: Auf Grund Einer Physiologisch-Morphologischen Kartierung des Gebietes // *Veröffentlichungen des Geographischen Instituts der Albertus-Universität zu Königsberg. Heft III. Hamburg, 1921.*

Об авторе

Иван Юрьевич Дудков – магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: 55671232@mail.ru

The author

Ivan Yu. Dudkov, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: 55671232@mail.ru

УДК 574.24.633

Е. Г. Тюлькова, Л. П. Авдашкова, Л. Ф. Кабашишникова

ВЛИЯНИЕ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ОВСЯНИЦЫ ТРОСТНИКОВОЙ *FESTUCA ARUNDINACEA SCHREB.* В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА (на примере предельных, ароматических углеводов и сложных эфиров)

61

Представлены результаты определения содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов) в листьях одного из наиболее распространенных представителей травянистых растений городской среды – овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. – в контролируемых условиях эксперимента. Установлено, что более резкое снижение содержания пигментов в листьях овсяницы через одни сутки после обработки органическими соединениями по сравнению с тремя сутками происходило после обработки пентаном, гексаном, бензолом, а также смесями пентана с гексаном; пентана и гексана с бенз(а)пиреном. Влияние *o*-ксилола, бенз(а)пирена, бутилацетата; смеси бутилацетата с *o*-ксилолом и бензола с *o*-ксилолом вызывало более интенсивное уменьшение содержания пигментов через трое суток после обработки растений. При этом максимальное изменение содержания пигментов в процессе эксперимента вызывало действие бутилацетата, *o*-ксилола и смеси бутилацетата с *o*-ксилолом, а наибольшее снижение содержания пигментов по сравнению с контролем отмечено под действием *o*-ксилола.

The article presents the results of the photosynthetic pigments content analysis (chlorophyll *a*, *b* and carotenoids) in the leaves of one of the most common representatives of the urban herbaceous plants – reed fescue *Festuca arundinacea* Schreb., in controlled experimental conditions. The content of pigments in the leaves in one day after treatment with organic compounds sharply decreases compared to three days occurred after treatment with pentane, hexane, benzene, as well as mixtures of pentane and hexane; pentane and hexane with benz(a)pyrene. The influence of *o*-xylol, benz(a)pyrene, butyl acetate; mixtures of butyl acetate with *o*-xylol and benzene with *o*-xylol caused a more intense reduction in the content of pigments three days after the treatment of plants. At the same time, the maximum change in the content of pigments during the experiment is caused by the action of butyl acetate, *o*-xylol and a mixture of butyl acetate with *o*-xylol; and the greatest decrease in the content of pigments compared to the control was observed under the action of *o*-xylol.

Ключевые слова: фотосинтетические пигменты, овсяница тростниковая *Festuca arundinacea* Schreb., пентан, гексан, бензол, *o*-ксилол, бенз(а)пирен, бутилацетат.

Keywords: photosynthetic pigments, reed fescue *Festuca arundinacea* Schreb., pentane, hexane, benzene, *o*-xylol, benz(a)pyrene, butyl acetate.



Введение

В последние годы в глобальном масштабе в целом и в Республике Беларусь в частности происходят изменения в структуре размещения промышленных производств и их технологических процессов. Это обусловило увеличение количества стационарных источников и объемов выбросов техногенных элементов и их соединений в атмосферный воздух по сравнению с мобильными источниками [1]. Для отдельных промышленных предприятий Беларуси характерно наличие в выбросах загрязняющих веществ в атмосферу группы неметановых летучих органических соединений, в результате чего в атмосферу поступают алканы, циклоалканы, непредельные и ароматические углеводороды, спирты, сложные эфиры. Одной из наиболее уязвимых систем растительной клетки при действии различных повреждающих факторов, в том числе углеводородов, является фотосинтетический аппарат [2]. Изучение влияния данной группы соединений на интенсивность функционирования фотосинтетического аппарата растений, с одной стороны, актуально в целях сравнительного анализа степени их токсичности при одиночном и совместном воздействии [3–7], а с другой стороны – мало изучено по сравнению с воздействием оксидов азота, углерода, серы, аммиака, сероводорода [8–13]. В этой связи цель работы – изучение характера изменения содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях одного из наиболее распространенных представителей травянистых растений городской среды – овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. – при разных дозах воздействия предельных, ароматических углеводородов и сложного эфира и их смесей в задаваемых условиях эксперимента.

Материал и методы

Объектом исследований послужили растения овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. как одного из наиболее распространенных представителей травянистых растений в городских условиях. Основная научная идея при постановке эксперимента по обработке растений овсяницы предельными, ароматическими углеводородами и сложным эфиром заключалась в том, чтобы установить характер изменений содержания фотосинтетических пигментов, искусственно задавая уровни поступления углеводородов в листовые пластинки. Исходя из этого, проведен сравнительный анализ состава фотосинтетических пигментов в листьях овсяницы, обработанных различными дозами углеводородов (пентаном, гексаном, бензолом, о-ксилолом, бенз(а)пиреном, бутилацетатом и их смесями) через определенные периоды времени после воздействия (одни и трие суток).

Выбор органических соединений обусловлен преобладающим количеством группы неметановых летучих органических соединений, представителями которой являются данные вещества, в выбросах от-



дельных промышленных предприятий Гомеля (ОАО «Гомельский завод литья и нормалей») по сравнению с другими загрязняющими веществами. Что касается бенз(а)пирена, несмотря на невысокое наличие в выбросах предприятий теплоэнергетики (ТЭЦ-2), это соединение характеризуется высокой токсичностью в небольших количествах, а также недостаточной изученностью эффектов влияния на активность фотосинтетического аппарата растений. Наличие в эксперименте бенз(а)пирена как представителя полициклических ароматических углеводородов позволило также провести сравнительную оценку влияния на растительный организм много- и одноядерных ароматических углеводородов (бензол, о-ксилол)

Листовые пластинки овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. обрабатывали водными растворами углеводородов. Использованные дозы углеводородов рассчитывались из установленных для атмосферного воздуха предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ [14]. В соответствии с нормативами ПДК пентана в атмосферном воздухе является 100000,0 мкг/м³; гексана – 60000,0 мкг/м³; бензола – 100,0 мкг/м³; ксилолов – 200 мкг/м³; бутилацетата – 100,0 мкг/м³; бенз(а)пирена – 5,0 нг/м³. Для всех соединений, кроме бенз(а)пирена, использовали величину максимальной разовой ПДК; для бенз(а)пирена – среднесуточную ПДК [14].

В качестве контроля использовали необработанные растения овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. Экспериментальными выступили растения, обработанные водными растворами исследуемых соединений в следующих концентрациях: 0,0001–0,03 мг/мл пентана; 0,00006–0,018 мг/мл гексана; 0,0001–0,03 мкг/мл бензола; 0,0002–0,06 мкг/мл о-ксилола, 0,000005–0,0015 нг/мл бенз(а)пирена, 0,0001–0,03 мкг/мл бутилацетата (бутилового эфира уксусной кислоты). Обработка листовых пластинок овсяницы осуществлялась путем опрыскивания водными растворами (по 50 мл водного раствора каждой дозы вводимого соединения).

Для выявления эффектов совместного воздействия исследуемых соединений использовали смеси следующих концентраций: 0,01 мкг/мл бутилацетата + 0,02 мкг/мл о-ксилола; 0,02 мкг/мл бутилацетата + 0,04 мкг/мл о-ксилола; 0,01 мкг/мл бензола + 0,02 мкг/мл о-ксилола; 0,02 мкг/мл бензола + 0,04 мкг/мл о-ксилола; 0,01 мг/мл пентана + 0,006 мг/мл гексана; 0,02 мг/мл пентана + 0,012 мг/мл гексана; 0,01 мг/мл пентана + 0,006 мг/мл гексана + 0,0005 нг/мл бенз(а)пирена; 0,02 мг/мл пентана + 0,012 мг/мл гексана + 0,001 нг/мл бенз(а)пирена.

Для определения содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листовых пластинках овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. Использовали спектрофотометр Shimadzu UV-2401 PC (Shimadzu, Япония). Содержание пигментов фотосинтеза определяли через одни и трое суток после обработки. Для экстракции фотосинтетических пигментов использовали навески листьев, сырая масса которых составляла 30–40 мг. Экстракцию хлорофиллов и каротиноидов производили 99,5%-ным ацетоном в 3 биологических повторностях. Содержание пигментов в



экстрактах рассчитывали с помощью коэффициентов экстинкции, приведенных в работе [2] для соответствующего растворителя, по формулам 1, 2, 3, 4:

$$C_a = 9,784D_{662} - 0,99D_{644}, \quad (1)$$

$$C_b = 21,426D_{644} - 4,650D_{662}, \quad (2)$$

$$C_a + C_b = 5,134D_{662} + 20,436D_{644}, \quad (3)$$

$$C_k = 4,695D_{440,5} - 0,268C_{a+b}, \quad (4)$$

где C_a , C_b , C_k — средняя концентрация хлорофиллов a , b и каротиноидов в вытяжке листьев объектов исследования (мкг/мл); $D_{440,5}$, D_{644} , D_{662} — оптическая плотность при волнах длиной 440,5, 644 и 662 нм.

Для пересчета содержания фотосинтетических пигментов на сырую массу использовали сырую массу навесок листьев и объем полученного фильтрата пигментов. Содержание пигментов представлено в мг/г сырой массы.

С целью комплексной количественной оценки изменений содержания фотосинтетических пигментов в условиях эксперимента проводили вычисления среднего значения разностей содержаний каждого фотосинтетического пигмента, измеренных через одни и трое суток эксперимента. Также определяли долю изменения содержания каждого пигмента в сумме отклонений значений содержания пигментов через одни и трое суток эксперимента.

Достоверность различий между содержанием пигментов в экспериментальных и контрольных пробах оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Математическую обработку цифрового материала выполняли с помощью компьютерной программы *Microsoft Excel*.

Результаты и их обсуждение

Результаты определения содержания фотосинтетических пигментов в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. в условиях эксперимента по обработке углеводородами и их смесями представлены в таблицах 1–7.

Таблица 1

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. в условиях эксперимента после обработки пентаном

Концентрация раствора пентана, мг/мл	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через сутки после обработки</i>			
Контроль	1,24 ± 0,004	0,39 ± 0,001	0,74 ± 0,001
0,0001	0,71 ± 0,006*	0,28 ± 0,002*	0,45 ± 0,004*
0,005	0,88 ± 0,005*	0,31 ± 0,002*	0,55 ± 0,003*
0,01	0,69 ± 0,004*	0,27 ± 0,002*	0,44 ± 0,002*



Концентрация раствора пентана, мг/мл	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
0,02	0,80 ± 0,005*	0,30 ± 0,001*	0,53 ± 0,004*
0,03	0,63 ± 0,004*	0,26 ± 0,001*	0,39 ± 0,002*
<i>Через трое суток после обработки</i>			
Контроль	1,42 ± 0,013	0,52 ± 0,005	0,84 ± 0,007
0,0001	0,94 ± 0,005*	0,35 ± 0,001*	0,57 ± 0,003*
0,005	1,09 ± 0,008*	0,33 ± 0,004*	0,60 ± 0,007*
0,01	1,03 ± 0,004*	0,37 ± 0,004*	0,62 ± 0,003*
0,02	0,76 ± 0,001*	0,31 ± 0,001*	0,47 ± 0,001*
0,03	0,65 ± 0,002*	0,26 ± 0,001*	0,40 ± 0,001*

Примечание. Здесь и далее в таблицах достоверные значения содержания фотосинтетических пигментов при $p \leq 0,05$ обозначены *.

Данные таблиц 1–7 свидетельствуют о том, что обработка пентаном, гексаном, бензолом, о-ксилолом, бенз(а)пиреном, бутилацетатом и их смесями в большинстве случаев явилась причиной снижения содержания фотосинтетических пигментов по сравнению с контрольными значениями. Так, под действием пентана наблюдалось снижение содержания всех изученных пигментов в 1,51–1,89 раза через одни сутки и в 2,0–2,18 раза через трое суток по сравнению с контрольными пробами (табл. 1).

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что по сравнению с пентаном опрыскивание листовых пластинок гексаном обусловило менее резкое снижение содержания пигментов как через одни сутки, так и через трое суток после обработки (в 1,21–1,79 раза и в 1,39–2,03 раза соответственно).

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. в условиях эксперимента после обработки гексаном

Концентрация раствора гексана, мг/мл	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через сутки после обработки</i>			
Контроль	1,24 ± 0,004	0,39 ± 0,001	0,74 ± 0,001
0,00006	0,94 ± 0,004*	0,31 ± 0,002*	0,56 ± 0,002*
0,003	0,90 ± 0,005*	0,28 ± 0,003*	0,53 ± 0,003*
0,006	0,80 ± 0,001*	0,24 ± 0,001*	0,48 ± 0,001*
0,012	0,72 ± 0,002*	0,27 ± 0,002*	0,45 ± 0,001*
0,018	0,69 ± 0,001*	0,29 ± 0,001*	0,61 ± 0,001*



Концентрация раствора гексана, мг/мл	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через трое суток после обработки</i>			
Контроль	1,42±0,013	0,52±0,005	0,84±0,007
0,00006	1,31±0,006*	0,81±0,019*	0,96±0,008*
0,003	0,99±0,002*	0,41±0,001*	0,57±0,001*
0,006	0,97±0,001*	0,27±0,001*	0,56±0,001*
0,012	0,78±0,004*	0,30±0,002*	0,45±0,001*
0,018	0,70±0,001*	0,31±0,001*	0,61±0,001*

Результатом влияния ароматического углеводорода (бензола) явилось снижение содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в 1,44 – 1,50 раза через одни сутки и в 1,71 – 2,0 раза через трое суток после обработки листовых пластинок (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание фотосинтетических пигментов
в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb.
в условиях эксперимента после обработки бензолом**

Концентрация раствора бензола, мкг/мл	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через сутки после обработки</i>			
Контроль	1,24±0,004	0,39±0,001	0,74±0,001
0,0001	1,05±0,003*	0,36±0,002*	0,41±0,012*
0,005	1,02±0,002*	0,32±0,001*	0,61±0,001*
0,01	0,92±0,002*	0,29±0,001*	0,57±0,001*
0,02	0,91±0,001*	0,29±0,001*	0,57±0,001*
0,03	0,84±0,001*	0,27±0,001*	0,51±0,001*
<i>Через трое суток после обработки</i>			
Контроль	1,42±0,013	0,52±0,005	0,84±0,007
0,0001	1,33±0,002*	0,41±0,002*	0,80±0,001
0,005	1,16±0,001*	0,39±0,001*	0,70±0,001*
0,01	0,92±0,001*	0,36±0,003*	0,56±0,002*
0,02	0,90±0,005*	0,29±0,004*	0,55±0,001*
0,03	0,82±0,001*	0,25±0,001*	0,49±0,001*

Более значительное отрицательное действие на содержание пигментов в сравнении с бензолом отмечено для *o*-ксилола (в 1,57 – 2,07 раза через одни сутки, в 2,35 – 2,93 раза через трое суток (табл. 4)). При этом среди исследованных ароматических углеводородов *o*-ксилол оказывал более негативное воздействие на содержание пигментов фотосинтеза по сравнению с алканами.



Таблица 4

**Содержание фотосинтетических пигментов
в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb.
в условиях эксперимента после обработки о-ксилолом**

Концентрация раствора о-ксилола, мкг/мл	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через сутки после обработки</i>			
Контроль	1,24 ± 0,004	0,39 ± 0,001	0,74 ± 0,001
0,0002	1,09 ± 0,007*	0,46 ± 0,002*	0,68 ± 0,004
0,01	1,07 ± 0,007*	0,45 ± 0,002*	0,66 ± 0,004*
0,02	1,01 ± 0,007*	0,42 ± 0,003	0,62 ± 0,004*
0,04	0,84 ± 0,001*	0,28 ± 0,003*	0,55 ± 0,001*
0,06	0,60 ± 0,012*	0,25 ± 0,003*	0,40 ± 0,007*
<i>Через трое суток после обработки</i>			
Контроль	1,42 ± 0,013	0,52 ± 0,005	0,84 ± 0,007
0,0002	1,30 ± 0,009*	0,48 ± 0,003	0,81 ± 0,006
0,01	0,91 ± 0,011*	0,39 ± 0,005*	0,55 ± 0,006*
0,02	0,59 ± 0,003*	0,26 ± 0,001*	0,37 ± 0,002*
0,04	0,51 ± 0,003*	0,23 ± 0,002*	0,31 ± 0,002*
0,06	0,48 ± 0,002*	0,22 ± 0,001*	0,31 ± 0,001*

67

Бенз(а)пирен, несмотря на наличие сведений о сильном токсическом воздействии на живые организмы, в наших исследованиях характеризовался не самым интенсивным отрицательным влиянием на содержание пигментов фотосинтеза в процессе эксперимента: через одни сутки после обработки наблюдалось снижение содержания пигментов в 1,50–2,03 раза по сравнению с контролем, через трое суток – в 2,19–2,39 раза (табл. 5). Максимальное уменьшение уровня пигментов в листьях овсяницы под действием изученных ароматических углеводородов в условиях проведенного эксперимента наблюдалось в случае использования о-ксилола.

Таблица 5

**Содержание фотосинтетических пигментов
в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb.
в условиях эксперимента после обработки бенз(а)пиреном**

Концентрация раствора бенз(а)пирена, нг/мл	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через сутки после обработки</i>			
Контроль	1,24 ± 0,004	0,39 ± 0,001	0,74 ± 0,001
0,000005	1,00 ± 0,003*	0,38 ± 0,001	0,62 ± 0,002*
0,00025	0,99 ± 0,002*	0,34 ± 0,001*	0,44 ± 0,001*
0,0005	0,97 ± 0,005*	0,32 ± 0,001*	0,51 ± 0,002*
0,001	0,94 ± 0,004*	0,36 ± 0,001*	0,59 ± 0,002*
0,0015	0,61 ± 0,001*	0,25 ± 0,001*	0,37 ± 0,001*



Окончание табл. 5

Концентрация раствора бенз(а)пирена, нг/мл	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через трое суток после обработки</i>			
Контроль	1,42 ± 0,013	0,52 ± 0,005	0,84 ± 0,007
0,000005	1,10 ± 0,001	0,38 ± 0,001*	0,63 ± 0,002*
0,00025	0,86 ± 0,001*	0,30 ± 0,001*	0,50 ± 0,001*
0,0005	0,82 ± 0,002*	0,31 ± 0,001*	0,52 ± 0,002*
0,001	0,69 ± 0,001*	0,29 ± 0,001*	0,43 ± 0,001*
0,0015	0,59 ± 0,001*	0,24 ± 0,001*	0,36 ± 0,001*

68

Согласно данным статистической отчетности за последние годы, происходит резкое увеличение выбросов бутилацетата в атмосферный воздух в результате деятельности отдельных промышленных предприятий Беларуси. Результатом влияния этого соединения стало снижение содержания фотосинтетических пигментов по сравнению с контролем через одни сутки после обработки только при воздействии растворов бутилацетата с концентрацией 0,02 мкг/мл и 0,03 мкг/мл действующего вещества (табл. 6).

Таблица 6

**Содержание фотосинтетических пигментов
в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb.
в условиях эксперимента после обработки бутилацетатом**

Концентрация раствора бутилацетата, мкг/мл	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через сутки после обработки</i>			
Контроль	1,24 ± 0,004	0,39 ± 0,001	0,74 ± 0,001
0,0001	1,62 ± 0,001*	0,53 ± 0,001*	1,08 ± 0,001*
0,005	1,29 ± 0,001*	0,41 ± 0,001	0,76 ± 0,001
0,01	1,28 ± 0,002	0,49 ± 0,001*	0,84 ± 0,002*
0,02	1,11 ± 0,001*	0,37 ± 0,001	0,71 ± 0,001
0,03	0,98 ± 0,001*	0,35 ± 0,001*	0,67 ± 0,001*
<i>Через трое суток после обработки</i>			
Контроль	1,42 ± 0,013	0,52 ± 0,005	0,84 ± 0,007
0,0001	1,25 ± 0,001*	0,78 ± 0,001*	0,89 ± 0,001
0,005	1,03 ± 0,001*	0,35 ± 0,001*	0,60 ± 0,001*
0,01	0,90 ± 0,002*	0,33 ± 0,001*	0,55 ± 0,002*
0,02	0,80 ± 0,001*	0,30 ± 0,001*	0,50 ± 0,001*
0,03	0,77 ± 0,001*	0,28 ± 0,001*	0,50 ± 0,001*

Через трое суток снижение уровня фотосинтетических пигментов по сравнению с контрольными пробами наблюдалось во всех вариантах опыта, за исключением раствора с концентрацией действующего вещества 0,0001 мкг/мл, где наблюдалось увеличение содержания хло-



рофилла *b* и каротиноидов. Это свидетельствует о том, что бутиловый эфир уксусной кислоты проявляет свое воздействие не сразу, а через некоторое время, в отличие от других исследованных органических соединений.

Следует отметить, что выбросы промышленных предприятий характеризуются наличием не одного техногенного элемента или соединения, а целого их спектра, иногда довольно значительного. Вследствие этого загрязнители могут оказывать воздействие на растения в виде различных смесей. Учитывая наличие в живых организмах определенных защитных механизмов для нейтрализации воздействия токсических веществ, возможно взаимное влияние на эти механизмы различных соединений при их сочетанном действии.

Для изучения характера сочетанного действия некоторых органических соединений на пигментный аппарат овсяницы нами проведен сравнительный эксперимент с использованием смесей бутилацетата с *o*-ксилолом; бензола с *o*-ксилолом; пентана с гексаном; пентана, гексана с бенз(а)пиреном, наличие которых характерно для выбросов рассматриваемых промышленных предприятий (ОАО «Гомельский завод литья и нормалей» и ТЭЦ-2).

Результаты проведенного анализа показали способность бутилацетата снижать токсическое влияние *o*-ксилола, а *o*-ксилола – усиливать токсическое влияние бутилацетата на содержание пигментов фотосинтеза (табл. 7).

Таблица 7

**Содержание фотосинтетических пигментов
в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb.
в условиях эксперимента после обработки смесями
исследуемых соединений**

Варианты опыта	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через сутки, смесь бутилацетат + o-ксилол</i>			
Контроль	1,24 ± 0,004	0,39 ± 0,001	0,74 ± 0,001
0,01 мкг/мл + 0,02 мкг/мл	1,33 ± 0,002*	0,46 ± 0,001*	0,88 ± 0,002*
0,02 мкг/мл + 0,04 мкг/мл	0,98 ± 0,001*	0,35 ± 0,001	0,68 ± 0,001*
<i>Через трое суток, смесь бутилацетат + o-ксилол</i>			
Контроль	1,42 ± 0,013	0,52 ± 0,005	0,84 ± 0,007
0,01 мкг/мл + 0,02 мкг/мл	0,80 ± 0,002*	0,32 ± 0,001*	0,51 ± 0,002*
0,02 мкг/мл + 0,04 мкг/мл	0,62 ± 0,001*	0,26 ± 0,001*	0,39 ± 0,001*
<i>Через сутки, смесь бензол + o-ксилол</i>			
Контроль	1,24 ± 0,004	0,39 ± 0,001	0,74 ± 0,001
0,01 мкг/мл + 0,02 мкг/мл	1,27 ± 0,002	0,51 ± 0,001*	0,81 ± 0,002*
0,02 мкг/мл + 0,04 мкг/мл	1,09 ± 0,001*	0,44 ± 0,001	0,71 ± 0,001
<i>Через трое суток, смесь бензол + o-ксилол</i>			
Контроль	1,42 ± 0,013	0,52 ± 0,005	0,84 ± ± 0,007
0,01 мкг/мл + 0,02 мкг/мл	0,94 ± 0,002*	0,35 ± 0,001*	0,62 ± 0,002*
0,02 мкг/мл + 0,04 мкг/мл	0,62 ± 0,001*	0,27 ± 0,001*	0,39 ± 0,001*



Варианты опыта	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
<i>Через сутки, смесь пентан + гексан</i>			
Контроль	1,24 ± 0,004	0,39 ± 0,001	0,74 ± 0,001
0,01 мг/мл + 0,006 мг/мл	0,66 ± 0,002*	0,31 ± 0,001*	0,41 ± 0,002*
0,02 мг/мл + 0,012 мг/мл	0,63 ± 0,001*	0,31 ± 0,001*	0,39 ± 0,001*
<i>Через трое суток, смесь пентан + гексан</i>			
Контроль	1,42 ± 0,013	0,52 ± 0,005	0,84 ± 0,007
0,01 мг/мл + 0,006 мг/мл	1,03 ± 0,002*	0,42 ± 0,001	0,63 ± 0,002
0,02 мг/мл + 0,012 мг/мл	0,50 ± 0,001*	0,25 ± 0,001*	0,30 ± 0,001*
<i>Через сутки, смесь пентан + гексан + бенз(а)пирен</i>			
Контроль	1,24 ± 0,004	0,39 ± 0,001	0,74 ± 0,001
0,01 мг/мл + 0,006 мг/мл + + 0,0005 нг/мл	0,67 ± 0,002*	0,30 ± 0,001*	0,42 ± 0,002*
0,02 мг/мл + 0,012 мг/мл + + 0,001 нг/мл	0,58 ± 0,001*	0,21 ± 0,001*	0,35 ± 0,001*
<i>Через трое суток, смесь пентан + гексан + бенз(а)пирен</i>			
Контроль	1,42 ± 0,013	0,52 ± 0,005	0,84 ± 0,007
0,01 мг/мл + 0,006 мг/мл + + 0,0005 нг/мл	0,63 ± 0,002*	0,31 ± 0,001*	0,35 ± 0,002*
0,02 мг/мл + 0,012 мг/мл + + 0,001 нг/мл	0,62 ± 0,001*	0,23 ± 0,001*	0,38 ± 0,001*

Обработка листовых пластинок смесью бензола и о-ксилола приводила к ослаблению отрицательного воздействия этих соединений по отдельности на количество пигментов в листьях овсяницы. Смеси пентана с гексаном, а также пентана с гексаном и бенз(а)пиреном, напротив, усиливали отрицательное влияние этих соединений в сравнении с их одиночным воздействием на пигментный аппарат растений.

Достоверность различий между содержанием фотосинтетических пигментов в листовых пластинках экспериментальных и контрольных растений оценивалась с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

Результаты анализа свидетельствуют о наличии достоверных различий между выборками контрольных и экспериментальных значений количества пигментов ($F_{\text{фактич.}}(1, 6) = 6,44 \div 227,95$; $F_{\text{критич.}}(1, 6) = 5,99$ при $p \leq 0,05$). Исключение составили следующие варианты опыта: через одни сутки – при обработке раствором о-ксилола с концентрацией 0,0002 мкг/мл (каротиноиды), 0,02 мкг/мл о-ксилола (хлорофилл *b*); 0,000005 нг/мл бенз(а)пирена (хлорофилл *b*); 0,01 мкг/мл бутилацетата (хлорофилл *a*); 0,005 мкг/мл, 0,02 мкг/мл бутилацетата (хлорофилл *b*); 0,005 мкг/мл и 0,02 мкг/мл бутилацетата (каротиноиды). В случае использования смесей недостоверные различия между контрольным значением и экспериментальной пробой наблюдались после совместной обработки листьев 0,01 мкг/мл бензола и 0,02 мкг/мл о-ксилола (хлорофилл *a*); 0,02 мкг/мл бензола и 0,04 мкг/мл о-ксилола (хлорофилл *b*);



0,02 мкг/мл бензола и 0,04 мкг/мл о-ксилола (каротиноиды). Через трое суток недостоверные отличия отмечались в следующих случаях: при обработке 0,0001 мкг/мл бензола (каротиноиды); 0,0002 мкг/мл о-ксилола (хлорофилл *b* и каротиноиды); 0,000005 нг/мл бенз(а)пирена (хлорофилл *a*); 0,0001 мкг/мл бутилацетата (каротиноиды); смеси 0,01 мг/мл пентана и 0,006 мг/мл гексана (хлорофилл *b* и каротиноиды).

Таким образом, количество недостоверных различий между экспериментальными и контрольными пробами составило 9,4 % вариантов сравнений с контролем при обработке одиночными реагентами и 14,6 % – при обработке смесями. Кроме того, недостоверные различия в большинстве вариантов опыта наблюдались при обработке одиночными соединениями через одни сутки по сравнению с тремя сутками и были характерны для проб, обработанных бутилацетатом.

В случае использования смесей большинство недостоверных различий отмечалось при совместном введении бензола с о-ксилолом через одни сутки. Через трое суток после воздействия наибольшее количество недостоверных различий между экспериментальными и контрольными пробами наблюдалось после обработки бензолом, о-ксилолом и смесью пентана с гексаном.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа выборок содержания пигментов через одни и трое суток после обработки позволили установить достоверность их различий ($F_{\text{фактич.}} = 7,72 \div 96,51$; $F_{\text{критич.}}(1, 6) = 5,99$ при $p \leq 0,05$). Исключения наблюдались в следующих случаях: при обработке раствором бензола с концентрацией 0,01 мкг/мл для хлорофилла *a*; 0,02 и 0,03 мкг/мл – для всех фотосинтетических пигментов; при введении раствора о-ксилола 0,0002 мкг/мл – для хлорофилла *b*; в эксперименте с раствором пентана с концентрацией 0,005 мг/мл – для хлорофилла *b* и с концентрацией 0,03 мг/мл – для всех пигментов; при обработке раствором гексана 0,012 мг/мл – для каротиноидов и 0,018 мг/мл – для всех пигментов; в эксперименте с раствором бенз(а)пирена 0,000005 нг/мл и 0,0005 нг/мл – для хлорофилла *b* и каротиноидов, 0,0015 нг/мл – для всех пигментов, а также при введении всех используемых концентраций смеси пентана, гексана и бенз(а)пирена – для хлорофилла *b*. В целом количество недостоверных различий между экспериментальными и контрольными пробами составило 25,6 % вариантов сравнений с контролем при обработке одиночными реагентами и 8,3 % – при обработке смесями.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в случае достоверных различий введенное соединение продолжает свое воздействие на содержание фотосинтетических пигментов в течение трех суток после обработки, а при недостоверных различиях основное влияние соединения проявляется только в течение первых суток опыта. Далее содержание хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов изменяется, однако эти изменения незначительны и носят недостоверный характер.

С учетом общей количественной оценки влияния использованных предельных, ароматических углеводов и сложного эфира на содержание пигментов фотосинтеза овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. получено, что после обработки пентаном; гексаном;



бензолом, а также смесью пентана с гексаном; пентана, гексана с бенз(а)пиреном воздействие на пигменты через одни сутки эксперимента проявляется в виде уменьшения содержания пигментов, а в течение последующих трех суток ответная реакция пигментного аппарата выражается в постепенном увеличении их содержания (рис. 1).

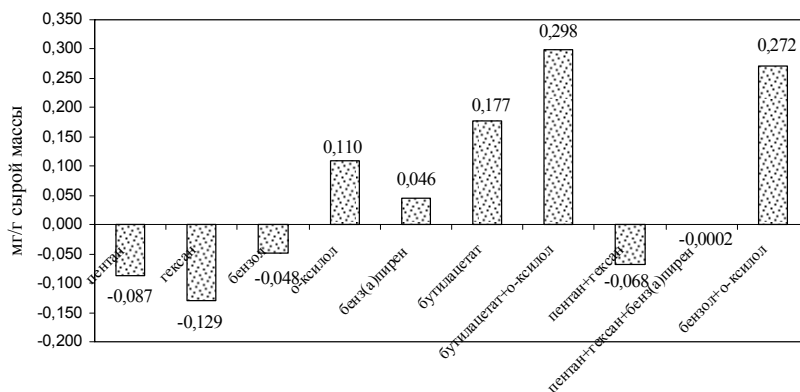


Рис. 1. Изменение содержания хлорофиллов *a, b* и каротиноидов в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. за период эксперимента

Влияние *o*-ксилола; бенз(а)пирена; бутилацетата; смеси бутилацетата с *o*-ксилолом и бензола с *o*-ксилолом, наоборот, вызывает более интенсивное уменьшение содержания пигментов через трое суток после обработки. Возможно, такой эффект воздействия данных соединений связан с тем, что пентан и гексан характеризуются максимальной летучестью (объемная относительная летучесть пентана и гексана на фильтровальной бумаге при 25°С составляет 12,3 и 7,43 соответственно), что и может быть причиной более сильного воздействия этих соединений через одни сутки после эксперимента по сравнению с тремя сутками. Бензол относится к группе среднелетучих соединений (объемная относительная летучесть на фильтровальной бумаге при 25°С составляет 3,77); *o*-ксилол, бутилацетат и бенз(а)пирен являются малолетучими соединениями (объемная относительная летучесть *o*-ксилола и бутилацетата на фильтровальной бумаге при 25°С составляет 0,565 и 1,0 соответственно). Возможно, поэтому эффект их воздействия проявляется не сразу после обработки листовых пластинок, а через некоторое время.

Таким образом, оба изученных алкана вызывали наиболее резкое снижение содержания пигментов через одни сутки после обработки, ароматические углеводороды проявляли свое влияние как через одни, так и через трое суток после обработки, а сложный эфир — только после трех суток эксперимента. При этом максимальное изменение количества пигментов в процессе эксперимента среди одиночных соединений вызывало воздействие бутилацетата, среди смесей — смесь бутилацетата с *o*-ксилолом.



Вызывает интерес не только изменение содержания в целом всех пигментов в течение эксперимента, но и изменение содержания каждого пигмента в отдельности. С этой целью осуществляли расчет доли изменения содержания каждого пигмента в сумме отклонений значений содержания пигментов через одни и трое суток эксперимента. Так, если сумму изменений по всем пигментам при воздействии пентана считать за 100 %, то доля изменения содержания хлорофилла *a* составляет 57,96 %, хлорофилла *b* – 18,90 %, каротиноидов – 23,25 % (рис. 2). Аналогично был проведен расчет в отношении других вариантов опыта.

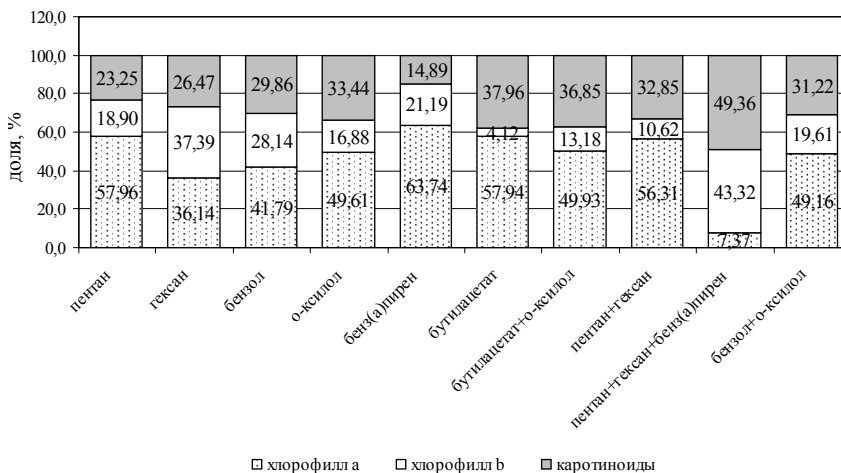


Рис. 2. Доля изменений содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. в изменениях суммы этих пигментов за период эксперимента

Данные, представленные на рисунке 2, свидетельствуют о том, что в большинстве случаев максимальное изменение содержания в течение эксперимента приходилось на хлорофилл *a*. При этом наиболее интенсивное изменение содержания хлорофилла *a* наблюдалось после воздействия бенз(а)пирена, пентана, бутилацетата и смеси пентана с гексаном.

Заключение

Результаты эксперимента по обработке листовых пластинок овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* Schreb. летучими углеводородами и их смесями свидетельствуют о том, что более резкое изменение содержания фотосинтетических пигментов через одни сутки по сравнению с тремя сутками происходило после обработки пентаном, гексаном, бензолом, а также смесью пентана с гексаном; пентана, гексана с бенз(а)пиреном. Влияние о-ксилола, бенз(а)пирена, бутилацетата; смеси бутилацетата с о-ксилолом и бензола с о-ксилолом вызывало более интенсивное уменьшение содержания пигментов через трое суток по-



сле обработки. При этом максимальное изменение содержания пигментов вызывало воздействие бутилацетата, о-ксилола и смеси бутилацетата с о-ксилолом.

В процессе проведенного эксперимента по совместному воздействию на листовые пластинки овсяницы тростниковой *Festuca arundinacea* использованных соединений в виде смесей выявлена возможность бутилацетата снижать токсическое влияние о-ксилола на пигментный аппарат и способность о-ксилола усиливать токсическое влияние бутилацетата на содержание пигментов фотосинтеза. Совместная обработка листовых пластинок бензолом и о-ксилолом приводила к ослаблению отрицательного воздействия каждого соединения по отдельности на содержание пигментов; смеси пентана с гексаном, а также пентана с гексаном и бенз(а)пиреном, напротив, проявляли усиленное негативное действие на содержание фотосинтетических пигментов в листьях овсяницы по сравнению с одиночными соединениями.

Список литературы

1. *Охрана окружающей среды* : стат. сборник. Минск, 2018.
2. Кабашикова Л.Ф. Фотосинтетический аппарат и потенциал продуктивности хлебных злаков. Минск, 2011.
3. Ланкин А.В. Механизмы токсического действия полициклических ароматических углеводородов на фотосинтетический аппарат : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2016.
4. Чикидова А.Л. Полициклические ароматические углеводороды в экосистемах г. Москвы (на примере Восточного административного округа) : дис. ... канд. биол. наук. М., 2017.
5. Масленко Е.А. Влияние производных бензола (п-ксилол и ароматические кислоты) и 2-метил-1,3-диоксолана на водоросли и высшие растения : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок, 2006.
6. Малахова Е.С. Газоустойчивость и аккумуляционная способность растений в техногенной среде нефтехимических предприятий Западной Сибири (на примере ОАО «Техуглерод») : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Омск, 2004.
7. Mosaddegh M.H., Jafarian A., Ghasemi A., Mosaddegh A. Phytoremediation of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene contaminated air by *D. deremensis* and *O. microrodasys* plants // J. Environ. Health Sci. and Eng. 2014. 12: 39.
8. Сергейчик С.А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде. Минск, 1994.
9. Сергейчик С.А., Сергейчик А.А., Сидорович Е.А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде. Минск, 1998.
10. Павлюк В.В. Влияние повышенных концентраций CO₂ на рост семян хвойных : автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. Львов, 1990.
11. Николаевская Т.В. Эколого-физиологическая оценка устойчивости растений к трем газам (SO₂, H₂S, NH₃) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1992.
12. Волкова М.В. Эколого-физиологическое обоснование расчета критических нагрузок аммиака для лесных насаждений Европейской территории России : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1994.
13. Вострикова М.А., Шкода В.В. Характеристика основных выбросов автотранспорта и их влияние на растения // Инновационная наука. 2015. №11. С. 65–66.



14. *Об утверждении* и введении в действие нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 08.11.2016 г. №113 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь : [сайт]. URL: http://minzdrav.gov.by/upload/dadvfiles/000352_132617_postan113.doc (дата обращения: 20.05.2020).

Об авторах

Елена Григорьевна Тюлькова — канд. биол. наук, доц., Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, Республика Беларусь.

E-mail: tut-3@mail.ru

Людмила Павловна Авдашкова — канд. физ.-мат. наук, доц., Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, Республика Беларусь.

E-mail: avdashkova@mail.ru

Людмила Федоровна Кабашникова — д-р биол. наук, член-корр. НАН Беларуси, доц., Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Республика Беларусь.

E-mail: kabashnikova@mail.ru

The authors

Dr Elena G. Tulkova, Associate Professor, Belarussian Trade and Economic University of Consumer Co-Operation, Republic of Belarus.

E-mail: tut-3@mail.ru

Dr Ludmila P. Avdashkova, Associate Professor, Belarussian Trade and Economic University of Consumer Co-Operation, Republic of Belarus.

E-mail: avdashkova@mail.ru

Dr Lyudmila F. Kabashnikova, Corresponding Member of NAS of Belarus, Associate Professor, Institute of Biophysics and Cell Engineering of NAS of Belarus, Republic of Belarus.

E-mail: kabashnikova@mail.ru

М. С. Кожикин, Я. А. Масютин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА С ПОМОЩЬЮ ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЯ

76

Цель работы – исследование процесса переработки жиросодержащего шлама, образующегося в качестве отхода предприятия пищевой промышленности Калининградской области, методом вермикомпостирования для получения экологически чистого биоудобрения. Проведено исследование химического состава и физико-химических свойств жиросодержащего шлама и образцов почвы до и после процесса вермикомпостирования. Также произведена оценка соответствия полученного биоудобрения основным нормативным показателям, по результатам которой основные показатели – рН, органическое вещество и общий фосфор – признаны соответствующими требованиям, предъявляемым к биоудобрениям. Сделан вывод о допустимости применения полученного органического удобрения в сельскохозяйственной отрасли.

The work aims to study processing fat-based sludge generated as a waste from the food enterprise in the Kaliningrad region through vermicomposting to obtain environmentally friendly bio-fertilizer. The research focused on chemical composition and physicochemical properties of fat-containing sludge and soil samples before and after the process of vermicomposting. The biofertilizer has been studied to conform to the basic regulatory indicators, and the main indicators: pH, organic matter and total phosphorus were assessed to meet the requirements for biofertilizers. The authors conclude that the use of the organic fertilizer obtained is permissible for the agricultural industry.

Ключевые слова: жиросодержащий шлам, вермикультивирование, вермикопостирование, биоудобрение, переработка, аэрация.

Keywords: fat-based sludge, vermicultivation, vermicomposting, bio-fertilizer, processing, aeration.

Введение

Развитие сельскохозяйственных и мясоперерабатывающих предприятий в настоящее время набирает активный темп. Так, в России сегодня функционируют более 4000 крупных животноводческих предприятий [1]. В 2018 г. на территории Российской Федерации было зарегистрировано около 7266 млн т отходов, в частности навоз, помет, стоки, различные виды шламов, которые мало используются. Около 3805 млн т отходов подверглось рециклингу [2].

Предприятия и полигоны по утилизации, обезвреживанию и захоронению отходов на 2018 г. перерабатывали только 516,17 тыс. т/г. Для реализации работы этих предприятий требуется огромные площа-



ди земли, что несет экологическую угрозу. В связи с этим были даны поручения Президента РФ по ликвидации незаконных свалок и созданию индустрии переработки отходов [3], разрабатываются законопроекты «Об отходах» [4], в которых говорится о поэтапном уменьшении захоронения отходов пищевой, сельскохозяйственной и лесоперерабатывающей отраслей промышленности. Уже к 2028 г. планируется перерабатывать свыше 70 % всех отходов данных отраслей промышленности. Существуют различные технологии по переработке шлама, что может обеспечить максимальную пользу его утилизации. Например, шлам, который представляет собой органические отходы животноводства и птицеводства, может пойти на переработку в виде биотоплива для получения энергии или на получение биоудобрения для обеспечения плодородности почв.

В Калининградской области насчитывается около 45 мясоперерабатывающих предприятий, а также наблюдается активное развитие сельского хозяйства в связи с проводимой политикой импортозамещения [5]. Объем производства продукции сельского хозяйства в 2018 г. вырос на 9,1 % по сравнению с предыдущим годом, а образование отходов производства и потребления на территории Калининградской области составило 334 229,98 т [6]. Одним из таких отходов является жиросодержащий шлам, утилизация которого является серьезной проблемой для предприятий пищевой промышленности. Поэтому для безопасной утилизации отходов производств и их реализации в сельскохозяйственной отрасли может быть применен один из перспективных и экологически безопасных способов – вермикомпостирование. В результате вермикомпостирования образуется органическое удобрение, которое, в отличие от минерального удобрения, усваивается практически полностью [7].

Применяя вермикомпостирование как способ дальнейшей переработки органических отходов, предприятия не только улучшают экологическую обстановку, но и создают дополнительный продукт – биоудобрение, имеющий высокую добавочную стоимость.

Цель настоящей работы – исследование процесса переработки жиросодержащего шлама методом вермикомпостирования для получения экологически чистого биоудобрения.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов были изучены:

- 1) производственный жиросодержащий шлам;
- 2) образцы почвы до и после процесса вермикомпостирования;
- 3) почвенный субстрат для выращивания вермиккультуры.

Предмет исследования – определение основных физико-химических свойств объектов исследования, а также оценка соответствия данных свойств требованиям, предъявляемым к биоудобрениям, для полученного образца почвы после вермикомпостирования жиросодержащего шлама.



Для исследования изменения структурных и химических свойств образцов почвы в результате вермикомпостирования жиросодержащего шлама был предоставлен опытный образец от предприятия Калининградской области по переработке мяса птицы. Производственный жиросодержащий шлам состоит из продуктов переработки мяса птицы, фекалий и продуктов переработки сточных вод (коагулянты, активный ил).

Свежий жиросодержащий шлам использовать для вермикомпостирования не представляется целесообразным, так как он содержит большое количество губительных для червей газов, например аммиак. Поэтому проводилась предварительная обработка жиросодержащего шлама барботированием воздуха в смеси с активным илом и целлюлозосодержащим наполнителем, что необходимо для ускорения окислительных процессов и «выветривания» избытка газов.

Смесь образца шлама, активного ила и целлюлозосодержащего наполнителя в соотношениях 1:1:1–1:1:4 и общим объемом 700 мл помещалась в 3 конические колбы на 1 л. Далее было экспериментально установлено оптимальное соотношение 1:1:1, которое и использовалось в последующих экспериментах. Большее количество целлюлозосодержащего наполнителя не обеспечивало равномерное барботирование воздуха, и, соответственно, эффективность стадии аэрации была ниже. Каждая колба опускалась в лабораторную термостатическую водяную баню на 28 л *UT-4328 (Ullab)*, в которой поддерживалась определенная температура. Для барботирования смеси воздухом в каждую колбу погружалась система трубок, подключенных к компрессору *JUN-AIR 6-15*. Аэрация проводилась в течение 30 суток.

Во время обработки производственного жиросодержащего шлама для исследования полноты протекания процессов обезвреживания при различных температурах отбирались 3 пробы:

- 1) проба №1: температура обработки – 30°С;
- 2) проба №2: температура обработки – 50°С;
- 3) проба №3: температура обработки – 70°С.

Следующим этапом эксперимента является процесс вермикомпостирования. Для этого шлам, прошедший процедуру аэрации воздухом в смеси с активным илом и целлюлозосодержащим наполнителем, смешивают с субстратом (питательная среда для вермикультивирования, состоящая из почвы, торфа и компоста) в соотношении 1:2. Смесь помещалась в пластиковую емкость объемом 6 литров, в которой происходил процесс вермикомпостирования. Рекомендуемое количество червей на м² составляет 2–4 тыс. особей или в среднем в пересчете на используемые нами объемы почвы – 65–75 червей. Вермикомпостирование проводилось в течение 30–45 суток с поддержанием оптимальной влажности (70–80 %) и температуры (16–25°С) [8].

После процесса вермикомпостирования были взяты 3 образца для сравнительного исследования структурных и химических свойств образцов почвы до и после вермикомпостирования:

- 1) образец №1 – субстрат (питательная среда для вермикультивирования, состоящая из почвы, торфа и компоста) в качестве эталонного образца;
- 2) образец №2 – почва после вермикомпостирования;
- 3) образец №3 – неплодородный грунт.



Методами исследования в настоящей работе являются:

1) гравиметрия. Гравиметрический анализ проводился согласно МУ 4287-86, ГОСТ 26713-85, ГОСТ 21560.1-82 и ГОСТ 27980-88. В качестве оборудования использовалась муфельная печь ПМ-10 (Россия), аналитические весы *Pioneer PA-210 (OHAUS)*, технические весы ВЛТЭ-Т (ГОСМЕТ);

2) титриметрия. Титриметрический анализ проводился согласно МУ 4287-86, ГОСТ 26715-85 и ГОСТ 20851.2-75. Использовалась лабораторная химическая посуда согласно ранее перечисленным ГОСТам;

3) ионометрия. Определение рН-среды проводилось согласно ГОСТ 26423-85. В качестве оборудования использовался Ионмер лабораторный И-160 МИ (НПО Измерительная техника);

4) спектрофотометрия. Спектрофотометрический анализ проводился согласно ГОСТ 26715-85 и ГОСТ 20851.2-75. В качестве оборудования использовался спектрофотометр *UV-1800 (Shimadzu)*, стандартная кварцевая кювета толщиной 10 мм. ГСО 7864-2000 (Азот аммония) и ГСО 7241-96 (Общий фосфор);

5) ГХ с масс-спектрометрическим детектированием. ГХ-МС проводилось согласно ГОСТ 31663-2012. В качестве оборудования использовался газовый хроматограф *Agilent 7890B (Agilent Technologies)* с масс-спектрометрическим детектором *MSD 5977B (Agilent Technologies)*, колонка HP-5, 30 м.

Пробоподготовка образца жиросодержащего шлама проводилась согласно ГОСТ Р 57758-2017. Сущность метода заключается в определении потери массы пробы после сублимационного высушивания.

Так как исследуемый жиросодержащий шлам является продуктом производства пищевого предприятия, то оптимальные указания по проведению его анализа является МУ 4287-86 «Методические указания по гигиеническому контролю за питанием в организованных коллективах» (1986).

Жиросодержащий шлам был исследован по следующим показателям:

- 1) содержание сухого остатка согласно МУ 4287-86;
- 2) зольность согласно МУ 4287-86;
- 3) содержание белков согласно МУ 4287-86;
- 4) содержание жиров согласно МУ 4287-86;
- 5) содержание углеводов согласно МУ 4287-86;
- 6) жирнокислотный состав согласно ГОСТ 31663-2012.

Пробоподготовка образцов почвы проводилась согласно ГОСТ 21560.0-82. Предварительно перед проведением исследований черви вручную извлекались из почвы.

Образцы почвы и субстрат для вермиккультуры были исследованы по следующим показателям:

- 1) гранулометрический состав согласно ГОСТ 21560.1-82;
- 2) рН почвенных водных вытяжек согласно ГОСТ 26423-85;
- 3) влажность образцов почвы согласно ГОСТ 26713-85;
- 4) содержание органического вещества согласно ГОСТ 27980-88;
- 5) общий азот согласно ГОСТ 26715-85;
- 6) аммонийный азот согласно ГОСТ 26716-85;
- 7) общий фосфор согласно ГОСТ 20851.2-75.



Правильность и достоверность полученных результатов подтвердились выбором современных методик, калиброванного оборудования, числом повторности анализов, равным трем параллелям, и методами математической статистики.

Результаты исследования и обсуждение

Первоначальным этапом является исследование физико-химических показателей жиросодержащего шлама, а также подтверждение наличие достаточно большого количество жиров в образце. Результаты исследования химического состава образца шлама представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты определения химического состава образца производственного шлама

Показатель	Значение показателя, % мас.
Содержание сухого остатка	30,00 ± 3,00
Массовая доля золы	3,20 ± 0,10
Массовая доля белка	5,02 ± 0,09
Массовая доля сырого жира	66,00 ± 2,00
Массовая доля углеводов	25,80 ± 0,20

В результате проведения анализа химического состава жиросодержащего шлама было установлено, что он обладает высокой влажностью (порядка 70 %). Основным классом соединений, содержащимся в шламе, являются жиры, что указывает на проблему его дальнейшей утилизации классическими методами.

Для уточнения липидного состава жиросодержащего шлама была произведена пробоподготовка образца и дальнейшее анализирование методом ГХ-МС согласно ГОСТ 31663-2012. Результаты исследования липидного состава образца производственного шлама представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты изучения липидного состава методом ГХ-МС

Компонент	Содержание, % мас.	Метод испытаний
Метилловый эфир пальмитиновой кислоты	8,781	ГОСТ 31663-2012
Метилловый эфир 9,12-октадекадиеновой (Z,Z)- (линолевой) кислоты	20,353	
Метилловый эфир 8-октадеценовой кислоты	63,024	
Метилловый эфир 9-октадеценовой (олеиновой) кислоты		
Метилловый эфир 11-октадеценовой кислоты	3,970	
Метилловый эфир стеариновой кислоты	2,560	
Метилловый эфир 11-эйкозеновой кислоты	1,134	
Прочие компоненты	0,178	



По результатам исследования липидного состава жиросодержащего шлама было установлено, что он в большей степени состоит из различных эфиров растительного происхождения с участием как ненасыщенных кислот, в частности олеиновой кислоты (63,024 %), линолевой кислоты (20,353 %), так и насыщенных кислот (пальмитиновой кислоты (8,781 %)).

Обработка исследуемого производственного шлама проводилась аэрированием воздухом в смеси с активным илом и целлюлозосодержащим наполнителем компрессором JUN-AIR 6-15 под давлением 0,5 бар на водяных банях с подбором оптимальной температуры процесса, представленной в таблице 3 [8]. Подбор оптимальной температуры аэрации необходим, потому что при низкой температуре окислительные процессы идут медленнее и, соответственно, процесс переработки происходит дольше, а при высокой температуре могут погибнуть бактерии, входящие в состав активного ила, и на выходе шлам может стать непригодным для процесса вермикомпостирования. К тому же высокие температуры требуют больших затрат энергии, что экономически невыгодно.

Таблица 3

Подбор оптимальной температуры обработки производственного шлама при аэрировании в смеси с активным илом

№ пробы	Температура обработки, °С	Объемное соотношение компонентов (шлам: активный ил: опилки)	Давление подачи воздуха, бар	Продолжительность обработки шлама, сутки	Поддерживаемая влажность шлама, %
1	30	1 : 1 : 1	0,5	30	70–80
2	50				
3	70				

Для отслеживания полноты протекания обработки шлама в течение всего процесса аэрации при различных температурах было выбрано исследование содержания аммонийного азота и рН.

Результаты исследования концентрации аммонийного азота при различных температурах в течение аэрации образца жиросодержащего шлама представлены на рисунке 1.

По результатам исследования содержания аммонийного азота проб шлама, обрабатывающихся при различных температурах, можно сделать вывод, что концентрация аммонийного азота в независимости от температуры обработки уменьшилась в первые 2 недели аэрации на большую долю. Вдобавок, исходя из гистограммы, при увеличении температуры аэрации уменьшается концентрация аммонийного азота. Однако значения концентрации аммонийного азота проб при температуре обработки 50 и 70°С не сильно различимы, поэтому можно заключить, что экономически нецелесообразно использовать температуры аэрации выше 50°С. Результаты исследования рН проб жиросодержащего шлама при разных температурах в течение его аэрации представлены в таблице 4.

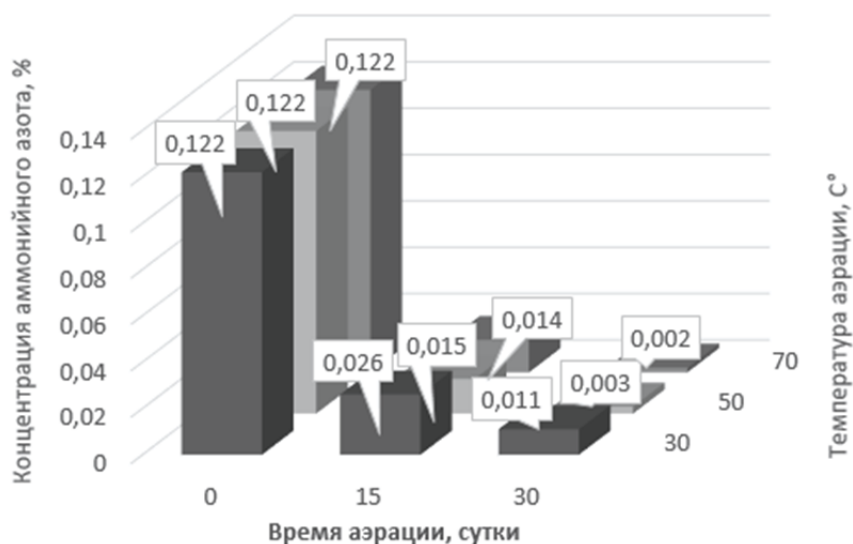


Рис. 1. Концентрация аммонийного азота при различных температурах в течение аэрации жиросодержащего шлама

Таблица 4

Результаты исследования рН проб жиросодержащего шлама при разных температурах в течение его аэрации

Время аэрации, сутки	Температура обработки, °C	рН
0	30	4,600±0,048
	50	4,600±0,048
	70	4,600±0,048
15	30	5,870±0,420
	50	5,169±0,415
	70	5,809±1,076
30	30	6,171±0,389
	50	6,692±0,275
	70	6,665±0,334

По результатам исследования рН проб жиросодержащего шлама при разных температурах аэрации в течение времени можно сделать вывод о постепенном изменении рН среды в сторону оптимальных значений для использования шлама при процессе вермикомпостирования.

После процесса вермикомпостирования были взяты 3 образца для сравнительного исследования структурных и химических свойств образцов почвы до и после вермикомпостирования:

1) образец №1 – субстрат (питательная среда для вермикюльтивирования, состоящая из почвы, торфа и компоста) в качестве эталонного образца;



- 2) образец №2 – почва после вермикомпостирования;
- 3) образец №3 – неплодородный грунт.

Результаты исследования структурных свойств образцов почвы представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты определения гранулометрического состава образцов почвы

Размер отверстий, мм	Массовая доля в образце №1, %	Массовая доля в образце №2, %	Массовая доля в образце №3, %
4,00	52,80±0,80	85,60±0,40	96,60±0,20
3,15	37,70±0,60	23,80±0,50	92,90±0,20
2,80	33,00±4,00	30,00±1,00	91,60±0,30
2,00	20,10±0,80	53,70±0,20	89,60±0,10
0,36	1,68±0,02	3,86±0,05	32,70±0,10
0,20	0,25±0,02	1,11±0,02	15,20±0,10

По результатам исследования гранулометрического состава образцов почвы следует отметить, что массовая доля фракции 4 мм образца №2 (почва после вермикомпостирования) больше образца №1 (субстрат), что может говорить о протекании процесса вермикомпостирования. Изменение гранулометрического состава в результате вермикомпостирования позволяет ему в большей степени соответствовать требованиям, предъявляемым по данному показателю к вермикомпостам, согласно ГОСТ Р 56004-2014.

Результаты измерения рН водной вытяжки образцов почвы представлены в таблице 6.

Таблица 6

Значения рН водной вытяжки образцов почвы

№ образца	рН
1	8,160±0,010
2	7,726±0,008
3	7,837±0,005

В результате измерения рН почвенной водной вытяжки образцов почвы было установлено уменьшение значение рН (образец №1) до наиболее оптимальных значений (образец №2), что так же говорит о протекании процесса вермикомпостирования. Все образцы находятся в оптимальном диапазоне рН (6,0–8,0). Результаты определения влажности образцов почвы представлены в таблице 7.

Таблица 7

Результаты определения влажности в образцах почвы

№ образца	Влажность, % мас.
1	66,50±0,20
2	56,70±0,20
3	0,37±0,03



В результате определения влажности образцов почвы было установлено снижение влажности в образце №2 по сравнению с образцом №1, однако значения находятся в оптимальном диапазоне. Результаты определения содержания органического вещества в образцах почвы представлены в таблице 8.

Таблица 8

Результаты определения органического вещества в образцах почвы

№ образца	Массовая доля органического вещества, %
1	60,174±0,009
2	58,380±0,090
3	10,94±0,030

84

В результате определения органического вещества в образцах почвы было установлено незначительное уменьшение содержания органического вещества в образце №2 по сравнению с образцом №1, что может говорить о незрелости биоудобрения. Однако содержание органического вещества в образце после вермикомпостирования значительно превышает значения аналогичного показателя для почвы до вермикомпостирования, что свидетельствует о ее обогащении различными питательными веществами.

Результаты определения содержания общего азота и аммонийного азота в образцах почвы представлены в таблице 9.

Таблица 9

Результаты определения содержания общего и аммонийного азота в образцах почвы

№ образца	Содержание общего N, % мас.	Содержание NH ₄ ⁺ , % мас.
1	1,16±0,02	0,110±0,020
2	1,18±0,03	0,060±0,020
3	0,20±0,02	0,020±0,006

По результатам определения содержания общего азота и аммонийного азота в образцах почвы можно сделать вывод о небольшом увеличении содержания общего азота в образце №2 по сравнению с образцом №1. Также уменьшение содержания аммонийного азота в образце №2 по сравнению с образцом №1 может говорить о усвоении аммонийной формы азота червями в процессе вермикомпостирования. По сравнению с образцом почвы до вермикомпостирования наблюдается значительное увеличение содержания как общего, так и аммонийного азота, что способствует использованию полученного образца после вермикомпостирования в качестве биоудобрения. По показателю содержания общего азота вермикомпост соответствует требованиям ГОСТ Р 56004-2014, ГОСТ 33830-2016.

Результаты определения общего фосфора (в пересчете на P₂O₅) в образцах почвы представлены в таблице 10.



**Результаты определения общего фосфора (в пересчете на P_2O_5)
в образцах почвы**

№ образца	Содержание общего P, %
1	1,520±0,010
2	1,750±0,002
3	0,750±0,009

В результате определения общего фосфора в образцах почвы было установлено увеличение содержания общего фосфора (в пересчете на P_2O_5) в образце №2 по сравнению с образцом №1, что указывает на усвоение червями соединений фосфора и, соответственно, протекание процесса вермикомпостирования. По сравнению с исходным с образцом почвы до вермикомпостирования наблюдается значительное увеличение содержания общего фосфора, что способствует использованию полученного образца после вермикомпостирования в качестве биоудобрения. По содержанию общего фосфора вермикомпост соответствует требованиям ГОСТ Р 56004-2014, ГОСТ 33830-2016.

На основании полученных данных согласно ГОСТ 27980-88 (Удобрения органические. Методы определения органического вещества) можно рассчитать важнейший показатель вермикомпостирования — отношение C:N (углерод-азотный баланс), которое приведено в таблице 11.

**Результаты расчета соотношения C:N
в исследуемых образцах почвы**

№ образца	C:N
1	20,89:1
2	22,15:1
3	24,83:1

Для качества органического удобрения показатель C:N имеет огромное значение. Данное соотношение показывает весовое отношение углерода к азоту. Доля углерода намного больше доли азота. Эталонным значением является соотношение 30:1, а оптимальным — 25:1. И чем больше углерод-азотный баланс отклоняется от оптимального, тем медленнее протекает процесс компостирования [19]. В нашем случае мы можем наблюдать увеличение соотношения C:N в сторону оптимального значения (образец №2). Несмотря на то, что значение углерод-азотного баланса для образца №3 ближе всего к оптимальному диапазону, следует отметить, что содержание как углерода в органическом веществе, так и азота в нем намного ниже, чем для образцов №1 и №2.



В таблице 12 предоставлены данные для сравнения показателей образца почвы после вермикомпостирования с требованиями, предъявляемыми к органическим удобрениям (вермикопостам) [9].

Таблица 12

Сравнение показателей образца почвы после вермикомпостирования с требованиями, предъявляемыми к органическим удобрениям

Наименование показателя	Норма по ГОСТ Р 56004-2014	Образец почвы после вермикомпостирования
рН	6,000 – 8,000	7,726±0,008
Массовая доля сухого вещества, %, не менее	50,0	43,3±0,2
Массовая доля органического вещества, % на сухое вещество, не менее	30,000	58,380±0,090
Массовая доля азота общего, %, не менее	1,6	1,18±0,03
Массовая доля фосфора общего, %, не менее	1,2	1,750±0,002

86

На основании данных таблицы 12 можно сделать вывод, что образец, который представляет собой почву, полученную в результате вермикомпостирования, соответствует большинству требований, предъявляемых к органическим удобрениям: рН, органическое вещество, общий фосфор. Показатели влажности и общего азота близки к требованиям, предъявляемым ГОСТ Р 56004-2014. В дальнейшем условия вермикомпостирования будут оптимизированы с целью выявления оптимальных параметров процесса (температура, время, влажность, рН и др.), благодаря чему будет возможно соответствие всем требованиям, предъявляемым ГОСТ Р 56004-2014.

Заключение

Обобщая результаты проведенной исследовательской работы, необходимо отметить следующее:

1) установлен химический состав жиросодержащего шлама, в составе которого основным классом являются жиры растительного происхождения (66 ± 2 % от общей массы);

2) проведено вермикомпостирование жиросодержащего шлама с целью получения экологически безопасного биоудобрения;

3) определены структурные свойства образцов почвы до и после вермикомпостирования. Доля фракции 4 мм образца почвы до вермикомпостирования составляет $52,8 \pm 0,8$ % от общей массы, а у образца почвы после вермикомпостирования – $85,6 \pm 0,4$ % от общей массы;

4) определена оптимальная температура аэрации жиросодержащего шлама аэрированием воздухом в смеси с активным илом и целлюлозосодержащим наполнителем – 50°C ;



5) определены основные химические свойства образцов почвы до и после вермикомпостирования. Образец почвы после вермикомпостирования значительно превосходит по всем основным показателям образец до проведения процесса, а также обладает содержанием питательных элементов (азот $1,18 \pm 0,03$ %, фосфор $1,750 \pm 0,002$ %) на уровне биоудобрений;

6) произведена оценка соответствия свойств образца почвы после вермикомпостирования нормативным требованиям. По основным показателям (органическое вещество, pH, общий фосфор) можно сделать вывод, что в результате вермикомпостирования жиросодержащего шлама было получено биоудобрение, отвечающее требованиям ГОСТ Р 56004-2014. Остальные показатели (влажность и общий азот) близки к показателям, отвечающим требованиям ГОСТ Р 56004-2014. В дальнейшем будут оптимизированы условия процесса вермикомпостирования для соответствия по всем нормативным показателям.

В заключение следует отметить, что в Калининградской области на сегодняшний момент переработка жиросодержащих шламов не развита. Нами были выполнены исследования по возможности переработки такого вида сырья, которое может быть конкурентоспособно сырью из куриного помета. Это будет способствовать экономическому развитию сельскохозяйственной промышленности и перерабатывающих отраслей Калининградской области.

Благодарности. Авторы выражают благодарность доценту ИЖС БФУ им. И. Канта Евгению Геннадьевичу Чупахину за помощь в проведении исследований жиросодержащего шлама с помощью метода газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС).

Список литературы

1. Животноводческие хозяйства России // Orgpage.ru : [сайт]. URL: <http://www.orgpage.ru/rossiya/животноводство/> (дата обращения: 15.02.2020).
2. Субботина Ю.М. Совершенствование очистки животноводческих и птицеводческих отходов с помощью естественных биоценозов // Редакционная коллегия. Стерлитамак, 2016. С. 25–36.
3. Большая пресс-конференция Владимира Путина // Президент России : [сайт]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/59455> (дата обращения: 17.02.2020).
4. Об отходах производства и потребления в Калининградской области (с изменениями на 14 ноября 2019 года) : закон Калининградской области от 25 ноября 2015 г. № 477 // Редакция Законов Калининградской области. Калининград, 2019. Ст. 7.
5. Производитель мясного сырья в Калининградской области // Meatinfo.ru : [сайт]. URL: https://meatinfo.ru/litecat/mjasopererabatyvajushhie_predpriyatija_v_Kaliningradskoy_oblasti/ (дата обращения: 15.02.2020).
6. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2018 году» // Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской области. Калининград, 2019. С. 201.
7. Яковченко М.А., Дрёмова М.С., Курбанова О.Г. Применение биоудобрений в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2013. № 8 (114). С. 4–6.



8. *Спосіб* обробки жиромістких осадів стічних вод : пат. України №14786 ; заявл. 20.09.1995.

9. ГОСТ Р 56004-2014. Удобрения органические. Вермикомпосты. Технические условия. М., 2014.

Об авторах

Михаил Сергеевич Кожикин — магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: kozhikin_mihail@mail.ru

Яков Андреевич Масютин — канд. хим. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: yma1989@mail.ru

88

The authors

Mikhail S. Kozhikin, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: kozhikin_mihail@mail.ru

Dr Iakov A. Masiutin, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: yma1989@mail.ru

УДК [618.19:691.175.842-612.089.61]:616-089.168.1-06

Е. П. Щербинина, Е. М. Олифиренко, В. С. Гордова

ГРУДНЫЕ СИЛИКОНОВЫЕ ИМПЛАНТАТЫ: К ВОПРОСУ О ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЯХ

89

Представлены результаты анонимного опроса более трехсот женщин с маммопластикой в анамнезе. Проанализировано, зависят ли послеоперационные осложнения от возраста, операционного доступа и изготовителя протеза. Исследование показало, что возраст и операционный доступ не связаны с возникновением осложнений. Распространенными грудными силиконовыми имплантатами стали протезы изготовителей Allergan и Mentor. Среди возникших осложнений, связанных непосредственно с имплантатом, самым частым оказалась капсулярная контрактура, половина всех осложнений встречается в раннем послеоперационном периоде.

The issue of breast silicone implants reliability is getting widely discussed in the world. The article presents the results of an anonymous survey of more than three hundred women with a of mammoplasty in medical history. We analyzed whether post-surgery complications depend on age, surgical access, and the manufacturer of the prosthesis. The study showed that age and surgical access are not associated with the occurrence of complications. Commonly known breast silicone implants are produced by Allergan and Mentor. Among the implant-related complications, capsular contracture was the most frequent, and half of all complications occur in the early post-surgery period.

Ключевые слова: маммопластика, пластическая хирургия, послеоперационные осложнения.

Keywords: mammoplasty, plastic surgery, post-surgery complications.

Введение

Первое эндопротезирование груди упоминается в литературе в 1895 г., а первый грудной силиконовый имплантат (ГСИ) был установлен в 1962 г. С этого момента началась «эра увеличения груди». За более чем 50 лет силиконовые имплантаты претерпели значительные изменения, которые отображены в заслуживающем внимания литературном обзоре [1].

Вопрос безопасности ГСИ для здоровья всегда волновал пациенток, однако в последнее время интерес к этой теме значительно возрос, в том числе и благодаря развитию социальных сетей (Instagram, Facebook и т. д.).



Тысячи женщин ищут на профильных форумах ответы на вопросы об осложнениях и возможных послеоперационных рисках маммопластики. В качестве отдельной специальности пластическая хирургия в Российской Федерации была выделена менее 15 лет назад, только в 2009 г., соответствующая нормативная база появилась позднее, в 2012 г., и в настоящее время существует в редакции 2018 г. [2]. Маммопластика — это в первую очередь эстетическая операция, и надо понимать, что развитие данной медицинской отрасли сопряжено с необходимостью систематизации и популяризации информации в этой области.

Операции по увеличению груди занимают одно из лидирующих мест в сегменте пластической хирургии, и их доля с каждым годом неуклонно растет. Вместе с тем российский рынок эстетической хирургии имеет большой потенциал в сфере повышения качества услуг, а также в организации информационного пространства, в том числе создания общедоступного верифицированного информационного контента. Существует множество источников, одни из которых в силу своей насыщенности специализированной медицинской терминологией трудны для восприятия, другие же могут дезинформировать потенциальных пациентов относительно роли различных параметров в развитии осложнений (например, носящие рекламный характер).

В последнее десятилетие XX в. появились исследования, которые поднимали вопрос взаимосвязи между диагностированными аутоиммунными заболеваниями и ранее установленными маммопротезами. Причиной считали биодеградацию силикона, который представляет собой смесь полуорганических полимерных молекул, состоящих из цепей различной длины полидиметилсилоксановых $[(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]$ мономеров [3]. Силикон в той или иной степени входит в состав всех видов имплантатов: солевых (внутри находится физиологический раствор), силиконовых (оболочка и наполнитель состоят из силикона) или полиуретановых (оболочка из полиуретана, а наполнителем является силикон) [1].

Также имеется классификация ГСИ по структуре поверхности — гладкие и текстурированные имплантаты. На поверхности текстурированных имплантатов имеется большое количество пор, поэтому вокруг них формируется более нежная капсула, которая, как правило, менее подвержена возникновению контрактуры. К тому же текстурированный ГСИ является более обоснованным выбором в контексте стабилизации имплантата в субмускулярном кармане (сформированной полости для дальнейшей санации и установки имплантата).

Одним из наиболее распространенных осложнений, ассоциированных с имплантатом, является возникновение капсулярной контрактуры (15–45%), которая представляет собой фиброзирование соединительнотканной капсулы, сформированной организмом в ответ на присутствие в нем ГСИ [4].

Доказана связь между установкой имплантатов и возникновением анапластической крупноклеточной лимфомы [5]. Поэтому с рынка бы-



ла отозвана определенная категория продукции компании *Allergan* с оболочкой *BIOCELL*. Росздравнадзор опубликовал информационное письмо от 29.07.2019 №01И-1810/19, в котором указаны отозванные линейки. Дополнительную информацию по данному вопросу можно найти на официальном сайте компании *Allergan* [6].

Такой параметр, как поверхность ГСИ, и потенциальные осложнения, связанные с ней, являются наиболее обсуждаемой темой в профессиональных сообществах, что детерминировало наше решение провести социологический опрос среди женщин, прошедших через маммопластику путем установки ГСИ.

Цель исследования – выявить возможные взаимосвязи между характеристиками имплантата и послеоперационными осложнениями.

Задачи:

- 1) выявить частоту и структуру осложнений после маммопластики на основе составленной анкеты;
- 2) провести анализ предпочтений грудных имплантов определенного производителя;
- 3) провести анализ взаимосвязи между возрастом женщины на момент установки ГСИ и частотой возникновения осложнений;
- 4) провести анализ взаимосвязи между доступом при установке ГСИ и частотой возникших осложнений;
- 5) провести анализ различий частоты возникновения осложнений между отдельными производителями ГСИ.

Материалы и методы

Нами была составлена анкета, размещенная посредством Google Форм в российских профильных сообществах, посвященных пластической хирургии. Анкета включала вопросы закрытого и открытого типа, а также вопросы, подразумевающие единичный и множественный выбор. Вопросы содержали информацию о возрасте, давности проведенной маммопластики, типе поверхности силиконового имплантата (гладкий, текстурированный) и их производителе (предложены на выбор определенные марки), наличии конкретных осложнений (вопрос открытого типа). Также нас интересовал хирургический доступ при маммопластике и намерение пациенток удалить уже имеющиеся протезы. Анкетирование проводилось анонимно.

Анкетированием было охвачено 647 женщин, из них 347 – с маммопластикой в анамнезе. Средний возраст женщин с установленными ГСИ составил 31,6 лет. Интересно отметить, что средний возраст, когда была проведена операция, составил 28,5 лет, что с точностью совпало со средним возрастом женщин без ГСИ (28,5 лет), которые только интересуются данной операцией.

Все женщины были разделены на 3 группы по возрасту: первая группа – до 25 лет включительно, вторая – от 26 до 35 лет включительно, третья – от 36 лет и старше.



Данные анкетирования были сгенерированы в таблицы, анализ которых был проведен с помощью методов описательной статистики (относительные величины, среднее, ошибка среднего, достоверность различий между группами). Также мы использовали четырехпольные таблицы для проверки нулевой гипотезы по методу согласия Пирсона (хи-квадрат) с применением программы *Excel* и онлайн-сервисов статистического анализа в медицине. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

92

Анализ четырехпольных таблиц с использованием непараметрических статистических критериев (хи-квадрат) позволил получить следующие результаты: для первой, второй и третьей группы значения хи-критерия составили 0,084 ($p=0,773$), 0,384 ($p=0,536$) и 0,272 ($p=0,602$) соответственно. Согласно полученным данным, не обнаружено связи между возрастом женщины на момент установки ГСИ и частотой возникновения осложнений.

Самыми распространенными оказались протезы *Allergan*, которые установили 97 женщин (28%). Имплантаты *Mentor* установлены у 89 женщин (25,8%), *Motiva* – 41 женщины (11,9%), *Polytech* – 28 женщин (8,1%), *Sebbin* – 19 женщин (5,5%), *Silimed* – 19 женщин (5,5%), *Eurosilicon* – 14 женщин (4,1%), *Arion* – 7 женщин (2,1%), *Bella gel* – 2 женщины (0,6%), *Cereform* и *PIP* – по 1 женщине соответственно (по 0,3%). Затруднились ответить на вопрос о производителе только 29 женщин (7,8%).

У 225 женщин (64,9%) были установлены текстурированные ГСИ, у 36 (10,3%) – гладкие, 86 респонденток (24,8%) затруднились дать ответ на этот вопрос.

Средний срок ношения имплантатов составил 3,4 года, при этом ГСИ производителя *Allergan* функционируют в среднем 4 года, *Motiva* – 3,4, *Mentor* – 3,1, а *Polytech* – 2,4 года.

Половине анкетированных (173 женщины, 50,3%) маммопластика проводилась через трансареолярный доступ (разрез по линии ареолы); через субмаммарный (разрез под грудью) и аксиллярный (прокол в подмышечной области) доступы операция проводилась у 150 (43,6%) и 21 (6,1%) женщин соответственно. Мы внесли полученные данные в четырехпольную таблицу с использованием непараметрических статистических критериев (хи-квадрат) и получили следующие результаты: для трансареолярного, субмаммарного и аксиллярного доступов значения критерия составили 1,064 ($p=0,303$), 0,061 ($p=0,806$) и 2,224 ($p=0,136$) соответственно. Согласно проведенному расчету, взаимосвязи между доступом при установке ГСИ и частотой возникших осложнений не обнаружено.

На данный момент удалить протезы по причине выявленных показаний хотят 10 женщин (2,8%), из-за возможных осложнений – 45 жен-



щин (12,9%), 198 (57%) женщин не собираются удалять протезы, потому что у них нет противопоказаний, и 94 (27,3%) женщины не верят в угрозу ГСИ для здоровья.

Намерение удалить ГСИ выявлено у 55 женщин, при этом конкретно *Allergan* хочет удалить 21 респондентка (22%), *Mentor* — 9 (10%), *Motiva* — 2 (5%), *Polytech* — 3 (11%). В почти половине случаев (24 женщины, 43,6%) желание удалить ГСИ связано с осложнениями в анамнезе.

Что касается непосредственно осложнений, то на их наличие указали 68 женщин (19,5% от общего числа пациенток). Эти данные были сгруппированы и отражены в диаграмме, представленной на рисунке 1.

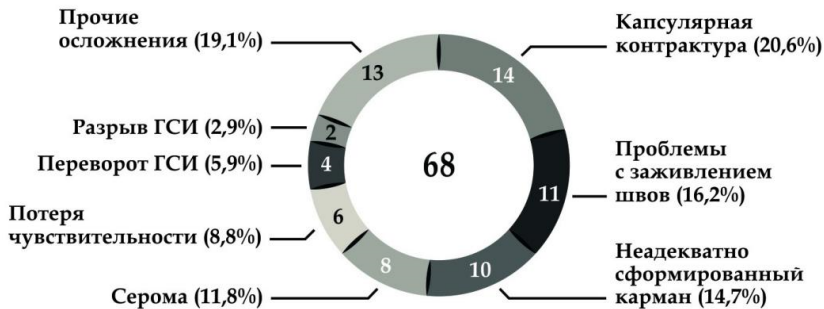


Рис. 1. Структура осложнений после маммопластики

Самыми частыми негативными последствиями являются капсулярная контрактура, неадекватно сформированный карман, проблемы с заживлениями швов (включая инфекционные процессы). Отметим, что из 68 женщин с осложнениями 11 делали реимплантацию (по причине неудовлетворенности работой хирурга или разрыва имплантата), одна из них трижды. Интересно, что в 14 случаях осложнения были сочетанные, но корреляции между сочетанностью осложнений с возрастом пациентки не обнаружено.

Прочие причины осложнений маммопластики включали асимметрию, аллергическую реакцию, косметические дефекты швов, депрессию, снижение либидо и болевые ощущения. Асимметрия, указанная 8 женщинами, на наш взгляд, в большей степени является эстетическим недостатком, чем послеоперационным осложнением. Кроме того, можно отметить, что асимметрия грудных желез, согласно нашему анкетированию, никак не связана с ни с одним из фактором риска.

В структуре осложнений после маммопластики наименьшая доля пришлась на разрыв силиконового имплантата (2,9%). При этом среди общего количества анкетизируемых женщин (347) данное негативное последствие наблюдалось у 0,6%.

Нами составлена таблица, в которой отражены возникшие осложнения и желание удалить ГСИ в зависимости от производителя (табл. 1).



Таблица 1

**Частота осложнений и желания удалить протезы
конкретного производителя ГСИ**

Параметры	Производитель ГСИ							
	Allergan (97)		Mentor (89)		Motiva (41)		Polytech (28)	
	Абс., чел.	Отн., %	Абс., чел.	Отн., %	Абс., чел.	Отн., %	Абс., чел.	Отн., %
Наличие осложнений	27	28	16	18	5	12	8	28
Желание удалить ГСИ	21	22	9	10	2	5	3	11
Желание удалить из-за осложнений ГСИ	9	9	1	1	1	2	1	4

94

Следует отметить, что желание удалить имплантат не всегда связано с наличием уже имеющихся осложнений, а в большей степени обусловлено страхом их возможного возникновения. Наибольшая доля негативных последствий имплантации наблюдается у пациенток с ГСИ *Allergan* и *Polytech* (по 28 %).

Мы выделили данные по каждому производителю и соотнесли их с суммарным результатом остальных производителей для проверки нулевой гипотезы о том, что нет разницы в возникновении осложнений при выборе конкретного изготовителя ГСИ (табл. 2).

Таблица 2

**Анализ значимости различий частоты возникновения осложнениями
и ГСИ конкретных производителей (по отношению к сумме показателей
других производителей ГСИ)**

Переменные для проверки нулевой гипотезы	Производитель ГСИ			
	<i>Allergan</i>	<i>Mentor</i>	<i>Motiva</i>	<i>Polytech</i>
Установили данные ГСИ, женщин	97	89	41	28
Осложнений на них, случаев	27	16	5	8
Установили ГСИ других брендов, женщин	250	258	306	319
Осложнений на них, случаев	41	52	63	60
Значение критерия хи-квадрат	5,800	0,199	1,616	1,557
Значение p	0,017	0,656	0,204	0,213

Из таблицы 2 видно, что для бренда *Allergan* подтвердилось достоверное различие повышенной частоты послеоперационных осложнений по сравнению с суммарными показателями всех остальных производителей ГСИ.

Дополнительно был проведен анализ значимости различий частоты возникновения послеоперационных осложнений при попарном срав-



нении производителей ГСИ. Достоверное различие обнаружилось только между брендами *Allergan* и *Motiva* (значение хи-критерия 3,958; $p=0,047$). Поскольку выборка для производителя *Motiva* не вполне сопоставима с выборкой для *Allergan*, мы воздержимся от заключений.

Обсуждение

Полученные результаты были соотнесены с литературными данными. По данным Г.Э. Карапетяна и соавторов [7], самым частым осложнением явилась контрактура, причем большинство случаев (12 из 14) были на текстурированных имплантатах, но две женщины с контрактурой затруднились с ответом на вопрос о текстуре ГСИ – возможно, в их число входили и гладкие, которые считаются фактором риска фиброзирования соединительнотканной капсулы. Согласно этому исследованию, ранняя капсулярная контрактура возникает из-за 1) несоответствия размеров имплантата и полости, в которой он находится (имплантат больше, чем карман); 2) формирования гематомы, после рассасывания которой в рубцовой ткани образуются кальцинаты; 3) воспаления в области раны и образования серомы. Поздняя капсулярная контрактура чаще возникает при 1) ретромаммарном расположении имплантата; 2) использовании гладких ГСИ; 3) скоплении «пропотевшего» силикона на поверхности эндопротеза.

Согласно мнению Г.Э. Карапетяна и соавторов [7], выбор текстурированных протезов снижает частоту возникновения контрактур, потому что их оболочка препятствует активному синтезу компонентов соединительной ткани фибробластами. Мы предполагаем, что причиной контрактуры при установке текстурированных ГСИ у наших респондентов может быть любая из вышеуказанных. По мнению Г.Э. Карапетяна и соавторов [8], контрактура как осложнение эндопротезирования является наиболее частой причиной репротезирования.

Нами замечено, что у большинства желающих удалить протез по причине осложнений (треть от тех, у кого возникли осложнения) установлены ГСИ фирмы *Allergan*. Согласно данным корпорации *Allergan* [9], количество повторных вмешательств по причине послеоперационных или же относительно поздних осложнений после маммопластики составляет 23% в течение первых 5 лет после операции. Доля желающих удалить протезы этой фирмы составила 22% от числа их установивших. Можно предположить, что это связано с влиянием средств массовой информации и негативным настроением в профильных сообществах. Следует обратить внимание, что имплантаты *Allergan* (несмотря на то, что доля осложнений такая же, как для *Polytech*) хотели бы удалить наибольшее количество женщин в связи с тем, что корпорация отозвала некоторые линейки из-за обнаружения причинно-следственной связи между возникновением анапластической крупноклеточной лимфомы (АККЛ) и отозванной продукцией. Вместе с тем Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов в США (*Food and Drug Administration, FDA*) не рекомендует удалять имплантаты в качестве профилактики АККЛ, но призывает быть внимательными к любым симптомам [10].

В профильных сообществах очень часто обсуждают причины возникновения анапластической крупноклеточной лимфомы. Хотя в результатах нашего опроса не было ни одного осложнения такого рода, следует уделить внимание данному вопросу, так как есть необходимость донести до потенциальных читателей нашей статьи информацию из заслуживающих доверия источников.

Важно отметить, что АККЛ не является раком молочной железы [11], представляя собой гетерогенную группу злокачественных опухолей лимфоидной природы [12]. Патологически измененные клетки находятся преимущественно в рубцовой ткани, окружающей имплантат, и в серозной жидкости, скопившейся между ГСИ и сформированной соединительнотканной капсулой (рис. 2).

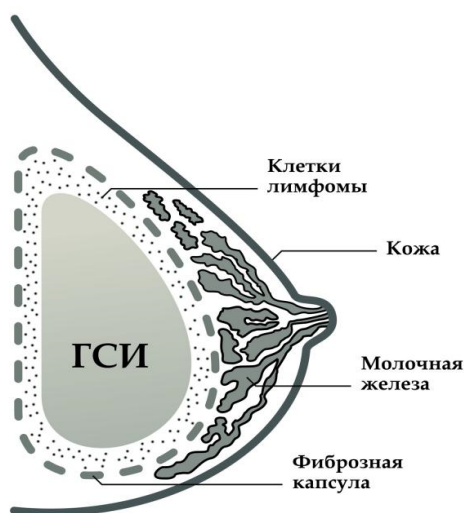


Рис. 2. Локализация клеток лимфомы в выпотной жидкости

Установлено, что в группе риска развития АККЛ находятся пациенты с текстурированными протезами. По данным некоторых исследователей [13], проводивших ретроспективное исследование, среднее время от имплантации до развития заболевания составляет $10,7 \pm 4,6$ лет. Относительно причин ее возникновения существует несколько теорий. В качестве факторов риска выступают бактериальное обсеменение поверхности имплантата, хроническое воспаление, которое связано с травматизацией капсулы (интенсивные занятия спортом), наследственная предрасположенность, аллергическая реакция организма на установленные ГСИ [13].

Сообщалось об увеличении проникновения Т-клеток в выпотную жидкость, окружающую текстурированные имплантаты, из-за заселения бактериями биопленок вокруг протез [14].

Согласно экспертному мнению на 2017 г., риск АККЛ составляет 1:2832 для женщин с полиуретановыми имплантатами и 1:30000 для женщин с любым текстурированным ГСИ [13]. На сентябрь 2018 г. FDA



получило в общей сложности 660 отчетов, касающихся случаев АККЛ с 2010 г. Из 660 у 457 АККЛ был подтвержден гистологически, в их числе было 9 смертей [15].

Патогенез АККЛ является многофакторным, скорее всего включает хроническую стимуляцию Т-клеток, получаемую антигензависимым (через бактериальные антигены) или антигеннезависимым способом (посредством стимуляции цитокинами и/или токсинами, активирующими рецептор), способствующим мутациям. При подозрении на лимфому однозначный ответ может быть получен после гистологического исследования аспирационной жидкости, скопившейся между капсулой и имплантатом (нахождение в ней лимфоцитов CD30) [16].

Пациенткам следует регулярно проводить ультразвуковое обследование груди и проявлять настороженность в случае одностороннего увеличения груди в позднем послеоперационном периоде, наличия капсулярной контрактуры (в том числе и поздней), увеличения подмышечных лимфатических узлов и наличия поздних сером или инфекционных осложнений в раннем послеоперационном периоде [16].

По данным опроса выяснено, что немалая часть (в сумме 51,5 %) всех осложнений относится к ранним послеоперационным: проблемы с заживлением швов, развитие инфекционного процесса, серома, потеря чувствительности, неадекватно сформированный карман. Согласно литературе, именно эти осложнения являются наиболее частыми при маммопластике. Мы хотим обратить внимание на то, что эти осложнения не зависят непосредственно от ГСИ, а связаны с несоблюдением правил асептики и антисептики, а также с индивидуальной реакцией организма пациентки. В случае возникновения осложнений существуют комплексы мер по их своевременному устранению. Так, при скоплении серозной жидкости (серома) в большинстве случаев откачивают жидкость шприцом; для профилактики инфекционного процесса назначают антибиотики в послеоперационном периоде; кожная чувствительность, как правило, возвращается через несколько месяцев [17].

Комплексно оценив имеющиеся у нас данные, обращаем внимание на то, что пациенткам необходимо строго соблюдать все рекомендации лечащего врача как для успешного разрешения развившихся осложнений, так и для их эффективной профилактики.

Выводы

1. Самыми популярными ГСИ оказались импланты бренда *Allergan* (28 %) и *Mentor* (25,8 %).
2. Возраст женщины на момент маммопластики и тип операционного доступа не связаны с возникновением возможных осложнений, по данным анкетирования.
3. Наиболее распространенным осложнением маммопластики является капсулярная контрактура (20,6 %).
4. Более половины ранних послеоперационных осложнений (51,5 %) не были связаны непосредственно с силиконовым имплантатом, а возникли вследствие хирургического вмешательства.

Благодарности. Авторы статьи благодарят пластического хирурга Даниила Геннадьевича Бурдужана за консультации по хирургическим вопросам.



Список литературы

1. Kaoutzanis C., Winocour J., Unger J. et al. The Evolution of Breast Implants // *Semin Plast Surg.* 2019. Vol. 33, №4. P. 217–223. doi: 10.1055/s-0039-1696985.
2. Сванадзе С.Н. Актуальные вопросы стандартизации вмешательств в пластической хирургии на примере маммопластики // *Знание.* 2017. №11-1 (51). С. 24–30.
3. LeVier R.R., Harrison M.C., Cook R.R., Lane T.H. What is silicone? // *Plast. Reconstr. Surg.* 1993. Vol. 92, №1. P. 163–167.
4. Barnsley G.P., Sigurdson L.J., Barnsley S.E. Textured surface breast implants in the prevention of capsular contracture among breast augmentation patients: a meta-analysis of randomized controlled trials // *Plast. Reconstr. Surg.* 2006. Vol. 117, №7. P. 2182–2190. doi: 10.1097/01.prs.0000218184.47372.d5.
5. de Faria Castro Fleury E. Breast Implant-Associated Anaplastic Large Cell Lymphoma (BIA-ALCL): An Open Wound // *Aesthetic. Plast. Surg.* 2020. Vol. 44, №2. P. 627–629. doi: 10.1007/s00266-019-01602-3.
6. Allergan Voluntarily Recalls BIOCELL® Textured Breast Implants and Tissue Expanders // Allergan. URL: <https://allergan-web-us-prod.azurewebsites.net/news/news/thomson-reuters/allergan-voluntarily-recalls-biocell-textured-brea.aspx> (дата обращения: 15.03.2020).
7. Карапетян Г.Э., Ратушный Н.А., Пахомова Р.А., Кочетова Л.В. Капсулярная контрактура: причины, меры профилактики // *Хирургическая практика.* 2017. №2. С. 42–46.
8. Карапетян Г.Э., Ратушный Н.А., Пахомова Р.А. и др. Методы лечения капсулярной контрактуры // *Московский хирургический журнал.* 2017. №5 (57). С. 9–11.
9. Павлов В.В., Спесивцев Ю.А., Антипова М.И. Двухплоскостная установка имплантатов как способ снижения числа специфических осложнений при увеличении груди с пониженным тонусом // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета.* 2010. №2. С. 167–183.
10. The FDA Requests Allergan Voluntarily Recall Natrelle BIOCELL Textured Breast Implants and Tissue Expanders from the Market to Protect Patients: FDA Safety Communication // FDA. URL: <https://www.fda.gov/medical-devices/safety-communications/fda-requests-allergan-voluntarily-recall-natrelle-biocell-textured-breast-implants-and-tissue> (дата обращения: 15.03.2020).
11. Шамитова Е.Н., Каибутдинова А.И. Современные методы диагностики и профилактики рака молочной железы // *Международный студенческий научный вестник.* 2019. №2. С. 4.
12. Поддубная И.В., Семенова А.А., Пробатова Н.А. Анапластическая крупноклеточная лимфома. М., 2009.
13. Doren E.L., Miranda R.N., Selber J.C. et al. U.S. Epidemiology of Breast Implant-Associated Anaplastic Large Cell Lymphoma // *Plast. Reconstr. Surg.* 2017. Vol. 139, №5. P. 1042–1050. doi: 10.1097/PRS.0000000000003282.
14. Adams W.P. Jr., Culbertson E.J., Deva A.K. et al. Macrot textured Breast Implants with Defined Steps to Minimize Bacterial Contamination around the Device: Experience in 42,000 Implants // *Plast. Reconstr. Surg.* 2017. Vol. 140, №3. P. 427–431. doi: 10.1097/PRS.0000000000003575.
15. Statement from Binita Ashar, M.D., of the FDA’s Center for Devices and Radiological Health on agency’s continuing efforts to educate patients on known risk of lymphoma from breast implants // FDA. URL: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/statement-binita-ashar-md-fdas-center-devices-and-radiological-health-agencys-continuing-efforts> (дата обращения: 15.03.2020).



16. Fitzal F., Turner S.D., Kenner L. Is breast implant-associated anaplastic large cell lymphoma a hazard of breast implant surgery? // *Open Biol.* 2019. Vol. 9, №4. P. 190006. doi: 10.1098/rsob.190006.

17. Ходжамуродова Дж. А., Саидов М. С., Ходжамуродов Г. М. Применение силиконовых имплантатов в пластической хирургии молочных желез (обзор литературы) // *Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова.* 2018. Т. 26, №1. С. 133 – 149.

Об авторах

Екатерина Павловна Щербинина – студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: i5533i@mail.ru

Екатерина Максимовна Олифиренко – студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: katerina.olifirenko@gmail.com

Валентина Сергеевна Гордова – канд. мед. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: vgordova@kantiana.ru

The authors

Ekaterina P. Shcherbinina, Undergraduate Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: i5533i@mail.ru

Ekaterina M. Olifirenko, Undergraduate Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: katerina.olifirenko@gmail.com

Dr Valentina S. Gordova, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: vgordova@kantiana.ru

**А. Г. Гончаров, А. П. Продеус, М. А. Шевченко
А. З. Мархайчук, А. С. Разина, Е. А. Гончарова
А. М. Маляров, Е. В. Русина**

**РОЛЬ МИКРОБИОТЫ
В ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМАХ
ФОРМИРОВАНИЯ АЛЛЕРГИЧЕСКОГО РИНИТА:
ОБЗОР**

100

Проанализированы современные взгляды на этиопатогенез аллергического ринита и развитие его осложнений. На основе литературных данных рассматриваются представления о микробных сообществах, симбиотически населяющих организм человека (микробиоте), и их вкладе в иммунобиологическую реактивность организма. Дана сравнительная характеристика методов оценки микробиоты. Анализ представленных данных позволяет предполагать участие микробиоты в патофизиологических механизмах формирования хронического аллергического ринита и его осложнений.

The review focuses on modern views on the etiopathogenesis of allergic rhinitis and the development of its complications. The microbial communities of the symbiotic population in the human body (microbiota) and their contribution to the immunobiological reactivity of the body are considered. The authors give a comparative characteristic of microbiota assessment methods. The data analysis suggests that microbiota can participate in the pathophysiological formation mechanisms of chronic allergic rhinitis and its complications.

Ключевые слова: аллергическая реакция, 16S-rRNA-профилирование, α -разнообразие, β -разнообразие, энтеротип, патофизиологические механизмы.

Keywords: allergic reaction, 16S-rRNA-rofiling, α -diversity, β -diversity, enterotype, pathophysiological mechanisms.

Введение

В настоящее время четко обоснованы и сформулированы представления о микробных сообществах (микробиоте) как составной части организма. Развитие этих представлений позволило предварительно установить роль симбиотической и условно-патогенной флоры в течении и развитии физиологических и патологических процессов. В целом микробиота (особенно кишечная) активно участвует в процессах пищеварения, отвечает за синтез ряда витаминов и регуляторных факторов. Накопленные данные свидетельствуют о существенном вкладе микробиоты в механизмы барьерного иммунитета (MALT). По современным представлениям, в основе развития аллергического ринита лежит опосредованная IgE воспалительная реакция слизистой оболочки полости носа в результате попадания на нее аллергенов. Роль микробиоты в па-



тогенезе этого заболевания, на наш взгляд, является малоисследованной и недооцененной, особенно в случае хронизации процесса и формирования инфекционных осложнений и развития гиперреактивных состояний. При контакте с аллергеном запускается каскад провоспалительных реакций для элиминации раздражающего антигена. В результате этого выделяется большее количество слизи и трансудат, с которыми элиминируется и антиген, и представители нормофлоры. Таким образом, формируется ниша для колонизации слизистой другими микробными сообществами. Полагаем, что это приводит к формированию патологического порочного круга с увеличением риска бактериальных осложнений аллергического ринита.

Цель: на основе анализа литературы продемонстрировать возможную роль назальной и кишечной микробиоты в патогенезе развития осложнений аллергического ринита.

Задачи:

- 1) представить современные данные о роли микробиоты в иммунологической реактивности организма;
- 2) охарактеризовать современные методы изучения микробных сообществ организма;
- 3) охарактеризовать роль микробиоты при иммунозависимых заболеваниях;
- 4) представить современные данные об этиопатогенезе аллергического ринита;
- 5) сформулировать предварительную концепцию участия назальной и кишечной микробиоты в патогенезе развития осложнений аллергического ринита.

Роль микробиоты в иммунологической реактивности организма

Накопленные к сегодняшнему дню знания позволяют с большой долей вероятности утверждать, что предками эукариотических организмов было сообщество прокариотических организмов, включавших анаэробные и аэробные гетеротрофы, анаэробные автотрофы. В таком сообществе каждый из участников получал прямую выгоду и преимущества от сожительства с остальными участниками [10]. Такие симбиотические отношения отмечаются и в современных микробных сообществах. Дальнейшая эволюция от одноклеточных эукариот до появления многоклеточных организмов также протекала в тесном контакте с прокариотическими организмами [17]. В ходе этого процесса сложились тесные симбиотические контакты между макро- и микроорганизмами. С одной стороны, организм хозяина предоставляет микроорганизмам питание и среду обитания, микробы, с другой, обеспечивают защиту от других «агрессивных» бактерий, принимают участие в обмене веществ макроорганизма.

В принципе мы можем рассматривать микробиоту организма как своеобразный орган, поскольку он соответствует основным требованиям, предъявляемым к понятию «орган»: орган — это обособленная со-



вокупность различных типов клеток и тканей, выполняющая определенную функцию в живом организме. В пользу этого положения можно привести следующие факты:

- 1) четкая структурная организация по отдельным органам и системам (микробиота кожи значительно отличается от микробиоты кишечника и урогенитального тракта) [32; 37; 52; 58];
- 2) общее количество микроорганизмов (включая бактерии, археи, простейшие, грибки, водоросли, вирусы) примерно в 10 раз превышает количество собственных клеток организма хозяина, а генов микробиоты – примерно в 100 раз [35; 64; 65; 80; 90];
- 3) возрастная эволюция микробиоты: с возрастом соотношение и состав микробиоты существенно меняется [98];
- 4) опыты на гнотобионтах продемонстрировали, что микробиота является необходимым компонентом для развития и нормального функционирования иммунной системы [14];
- 5) иммунная система толерантна к собственной микробиоте [41];
- 6) основными функциями микробиоты в организме являются метаболизм нерасщепляемых углеводов, жирных и желчных кислот; синтез витаминов; подавление путем конкуренции роста патогенных микроорганизмов; стимуляция систем врожденного и адаптивного иммунитета [8; 13].

Надо отметить, что в 2008 г. Дж. Чен и Г. Нуез [35] сформулировали концепцию «суперорганизма», которая рассматривает совокупность микробиоты и макроорганизма как межвидовое единое целое, а микробиоту – как важнейший орган [74]. Общая масса микробиоты человека, по разным данным, составляет от 200 г [96] до 3 кг [16] и распределена по отдельным биотопам. Среди них выделяют кожные покровы, дыхательные пути, урогенитальный и желудочно-кишечный тракты. Количество элементов микробиоты, ее таксономический состав в той или иной степени отличается друг от друга. Так, микробиота кожных покровов и ее придатков в основном представлена родами бактерий *Propionibacterium*, *Corynebacterium*, *Staphylococcus* [38].

В органах дыхательной системы состав и количество микробиоты сильно варьируется в зависимости от отдела дыхательной трубки, наименее заселенными являются отделы носовой полости и нижних бронхов. Наибольшее количество микроорганизмов отмечено в ротоглотке [81]. Таксономическое разнообразие бактерий снижается в направлении от верхних к нижним дыхательным путям. В основном оно представлено родами *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Corynebacterium*, *Maraxella* и *Streptococcus* [81].

Основными обитателями мочевыводящих путей являются лактобактерии, стрептококки и коринобактерии, их состав и соотношение имеют некоторые половые отличия [26]. Таксономический состав влагалища в достаточной степени изменчив в зависимости от возраста женщины, полового поведения и способа контрацепции. Основными родами бактерий, представленных в этой области, являются *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Corynebacterium* и *Gardnerella* [32].



Наиболее заселенным микроорганизмами является желудочно-кишечный тракт. По количеству и родовому разнообразию населяющих его бактерий для него также характерны существенные отличия в зависимости от отдела пищеварительной трубки. Слизистая ротовой полости колонизируется микроорганизмами сразу после рождения, на ее состав существенное влияние оказывает способ родоразрешения. К основным таксономическим родам, заселяющими ротовую полость, относятся *Streptococcus*, *Selenomonas*, *Gemella*, *Veillonella*, *Fusobacterium* и *Prevotella* [37; 44]. Существенные отличия таксономического состава микробиоты характерны также для желудка (*Streptococcus*, *Helicobacter*, *Clostridium*, *Lactobacillus* и *Veillonella*), пищевода (*Streptococcus* и *Prevotella*) [50]. Таксономический состав микробиоты желчного пузыря подвержен значительным вариациям в зависимости от наличия заболеваний печени, желчного пузыря, глистных инвазий и гендерных различий.

Наиболее разнообразной и важной в клиническом отношении является микробиота, населяющая кишечник. В просвете кишечника микробиота пребывает в двух состояниях: в виде биопленки и в планктонной форме в пристеночной части [80]. Среди более чем 700 родов бактерий преобладают роды *Bacteroides*, *Prevotella* и *Ruminococcus* [115; 118]. Ее формирование начинается с момента рождения, а заканчивается, предположительно, к двух-трехлетнему возрасту. На таксономический состав микробиоты кишечника существенно влияют способ рождения, перенесенные болезни детского возраста, антибиотикотерапия, санитарно-бытовые условия жизни. Важно отметить значение алиментарного фактора для процессов формирования микробиоты кишечника — это характер питания ребенка в первые годы жизни, особенно тип вскармливания (грудное или искусственное). В целом можно отметить, что таксономический состав сильно варьируется в зависимости от места забора материала, возраста обследуемого, образа жизни и характера питания, гендерных различий. Тем не менее в конечном итоге у трехлетнего ребенка складываются достаточно устойчивые композиции микробных сообществ. Из-за преобладания того или иного таксономического рода *Bacteroides*, *Prevotella* или *Ruminococcus* выделяют три основных энтеротипа [28]. Важно подчеркнуть, что пока не удалось установить взаимосвязь между энтеротипом и возрастом, этнической, национальной и половой принадлежностью [28].

Микробиота кишечника наиболее значима — как в количественном отношении, так и в таксономическом разнообразии. Ее функции наиболее многообразны и относительно хорошо изучены. Среди них мы можем выделить три основных: пищеварительную, секреторную и защитную.

В процессах пищеварения отдельные роды принимают участие в метаболизме липидов (*Bacteroides Thetaiotaomicron*) [64], расщеплении неперевариваемых пищевых волокон [48; 86], гидролизе белков (*Megasphaera elsdenii*, *Mitsuokella multacidus*, *Selenomonas ruminantium*, *Prevotella ruminicola* и др.) [46]. Отдельные бактерии способны переваривать муцин, конечным продуктом этого процесса являются короткоцепочечные жирные кислоты, которые, в свою очередь, выступают основными эле-



ментами питания бактерий [94]. Также микробиота кишечника принимает участие в трансформации желчных кислот, тем самым опосредованно участвуя в процессах переваривания жиров [47; 93].

Секреторная функция микробиоты определяется способностью микроорганизмов синтезировать ряд нейромедиаторов: норадреналин, серотонин, гамма-аминомасляная кислота и др. [61; 107]. Через синтез подобных веществ микробиота опосредованно взаимодействует с нервной системой и, соответственно, оказывает влияние на работу пищеварительной и иммунной систем [53]. Описана способность производить витаминоподобные вещества и витамины [56].

В настоящее время установлена важнейшая роль микробиоты в процессах формирования и функционирования всей системы иммунной защиты. Изначально ей отводилась роль симбиотических микроорганизмов, конкурирующих с патогенными микроорганизмами [63; 70; 71]. В последние 20 лет были по-новому сформулированы представления о механизмах врожденного иммунитета [11; 67; 83]. Сейчас иммунная система барьерных тканей рассматривается как важнейший фактор функционирования всей иммунной системы. В ней представлено более половины всех клеток как врожденного, так и адаптивного иммунитета [13]. В иммунной системе слизистых оболочек, которую теперь принято называть мукозо-ассоциированной лимфоидной тканью (МАЛТ), выделяют несколько уровней в зависимости от того, где она анатомически расположена (кожа, носоглотка и др.). Несмотря на различную локализацию, они имеют сходное строение: верхний инертный барьер, слой эпителиальных клеток, подэпителиальную рыхлую соединительную ткань. В каждом из представленных уровней в разной степени концентрации присутствуют клетки врожденного иммунитета: дендритные клетки, макрофаги, гранулоциты и др., а в подэпителиальном слое широко представлены различные субпопуляции Т- и В-лимфоцитов [87; 100]. Взаимодействие этих клеток обеспечивает многоуровневую защиту организма от патогенов. Нормофлора, как и патогенные микроорганизмы, находящиеся на слизистых оболочках, распознаются сигнальными паттерн-распознающими рецепторами. В результате этого происходит активация системы врожденного иммунитета, которая проявляется усилением синтеза провоспалительных цитокинов, усилением синтеза противомикробных пептидов активацией фагоцитарных реакций, системы комплемента [34; 42; 63]. Активация системы врожденного иммунитета, в свою очередь, приводит к запуску системы адаптивного иммунитета, сопровождающегося выработкой специфических секреторных иммуноглобулинов А, усилению киллерных функций Т-эфффекторов и формированию системного иммунного ответа [7; 23]. Важно отметить, что все эти события не приводят к развитию хронического воспаления. По-видимому, именно наличие нормофлоры не дает развиваться патологическим процессам. Этот механизм остается не до конца исследованным. Показано, что короткоцепочечные жирные кислоты (бутират, ацетат, пропионат и др.), с одной стороны, являются питательным компонентом, а с другой, представляют собой важнейший регуляторный компонент, поддерживаю-



щий физиологический уровень воспаления и защищающий от патогенной флоры [36; 108]. Продукты переваривания муцина способствуют активации фагоцитоза, снижают проницаемость кишечной стенки [55; 59; 72; 78]. Постоянная активация нормофлорой Т-регуляторных клеток приводит к продукции основного противовоспалительного цитокина ИЛ-10 [69; 79; 109]. Противовоспалительную активность также поддерживает полисахарид А *Bacteroides fragilis*, соединяясь с TLR-2 на клетках врожденного иммунитета [69; 82].

Можно утверждать, что «здоровая» микробиота позволяет поддерживать физиологический уровень воспаления, при этом стимулируя все формы иммунного ответа. Равновесие между провоспалительными и противовоспалительными процессами, происходящими в барьерных тканях, является непрерывным и динамичным.

Современные методы исследования микробиоты

Сегодня существует большое количество методов анализа микробиоты человека, использование которых обусловлено целями научного исследования [24]. Наиболее распространенными в медицинской практике являются традиционные методы, основанные на идентификации конкретных видов микроорганизмов или выделяемых ими токсинов. Обнаружение микроорганизмов с известными культуральными свойствами осуществляется преимущественно методами культивирования с последующим подсчетом колониеобразующих единиц. Данный метод — универсальный, он может быть использован для исследования образцов различных типов биоматериала, включая кал, кровь, кожные покровы и слизистые оболочки. Культивирование позволяет произвести фенотипическую классификацию полученного изолята, выявить его патогенность и наличие чувствительности либо устойчивости к антибиотикам [110]. Однако данный метод эффективен при исследовании небольшого числа хорошо изученных, преимущественно аэробных микроорганизмов, и не подходит для оценки структуры сложных микробных сообществ [24].

Более широкий спектр данных можно получить путем оценки разнообразия генов микробиоты (микробиома) с помощью тест-систем, основанных на методе количественной ПЦР в реальном времени и нацеленных на поиск известных бактерий, вирусов, паразитов и их функциональных генов, обуславливающих продуцирование токсинов или устойчивость к антибиотикам. Метод включает в себя выделение ДНК с последующей амплификацией генов, специфичных для выбранного диапазона микроорганизмов. На данный момент многие компании (*Verigene; Luminex; Riverside, CA; Biofire; Salt Lake City, UT*) занимаются разработкой подобных тест-систем, в том числе с использованием новейших технологий, таких как микрофлюидные чипы, позволяющие выполнять все процессы анализа от выделения ДНК до считывания данных на одной платформе. Преимущество анализов заключается в том, что они обеспечивают возможность получения данных о точном содержании каждого исследуемого таксона на грамм или мил-



лилитр вводимого материала и имеют высокий динамический диапазон. Недостатком является недостаточная степень изученности видового разнообразия микроорганизмов микробиома человека, в результате чего значимые виды могут быть не учтены при проведении анализа [24; 77].

В последние годы ведутся активные исследования в области изучения целых микробных сообществ. Это стало возможным благодаря появлению технологий секвенирования нового поколения, которые позволяют получать большое количество информации о микробиоме за один пробег инструмента [24]. Используя эти методы, можно получить геномные профили микробных сообществ и сравнить их для выявления ассоциированных паттернов у здоровых людей и людей, страдающих теми или иными заболеваниями. Наиболее распространенными методами оценки видового разнообразия микробиома считаются высокопроизводительное профилирование генов 16S rRNA (18S rRNA для эукариот) и метагеномное секвенирование [73]. Профилирование гипервариабельных регионов генов 16S-rRNA позволяет проводить филогенетическую идентификацию бактерий и архей на уровне родов. Данный метод обеспечивает возможность получения информации о составе микробного сообщества и соотношении ключевых таксономических групп, изменение которого может сопровождать различные патологические процессы, происходящие в организме. Недостатком данного метода является невозможность определения бактерий до вида, а также проблема идентичности генов 16S rRNA у некоторых видов бактерий и архей. Однако, несмотря на это, профилирование генов 16S rRNA позволило провести большое количество научных исследований микробиомов и на данный момент этот метод является наиболее популярным в связи с его высокой эффективностью и относительно низкой стоимостью [33].

Преимущество метагеномного секвенирования заключается в исследовании целого метагенома — всех микробных штаммов, присутствующих в микробиоме, включая грибы и вирусы, которые невозможно обнаружить методом 16S rRNA-профилирования. Тем не менее данный метод также имеет существенные недостатки. При пробоподготовке высока вероятность потери минорных фракций микроорганизмов и загрязнения пробы ДНК тканей человека [24; 73].

В данный момент изучаются перспективы использования в клинической практике метатранскриптомики, метапротеомики и метаболомики. Большинство бактериальных транскриптов существуют всего несколько минут, поэтому анализ микробной РНК, содержащиеся в образцах стула, является сложной задачей. Кроме того, исследования экспрессии требуют метагеномных данных того же образца, позволяющих оценить изменения в относительной экспрессии целевых генов, представленных в сообществе [95]. Наиболее перспективны исследования состава продуктов метаболизма микробиома, так как данные предоставляют информацию о функционировании микробного сообщества. Но большинство метаболитов не являются коммерчески доступными или остаются неизученными, что затрудняет таргетный анализ микро-



биома. В случае идентификации метаболитов *de novo* главной проблемой является необходимость их аннотации, но получение аннотаций путем сопоставления с базами данных известных молекул не позволяет охарактеризовать метаболиты, модифицированные микробиомом или организмом человека [84].

Микробиота при иммунозависимых заболеваниях

Изучение микробиоты при аллергических заболеваниях в основном посвящено следующим нозологическим единицам: бронхиальной астме, артритам различных форм, пищевой аллергии, атопическим дерматитам, аллергической пурпуре. Теоретической предпосылкой к проведению такого рода исследований служит тот факт, что все эти заболевания являются иммунозависимыми, а микробиота, как показано выше, выступает важнейшим фактором, регулирующим работу иммунной системы. Практически все работы были сосредоточены на исследовании α - и β -разнообразия и таксономического состава кишечной микробиоты и установлении ассоциативной связи с заболеванием. Основными микроорганизмами, ассоциированными с бронхиальной астмой, оказались бактерии родов *Faecalibacterium*, *Bifidobacterium*, *Lachnospir* [27; 103; 104; 111]. При артритах маркерными организмами оказались бактерии родов *Clostridium* и *Coprococcus*, причем положительную связь с заболеванием продемонстрировали микроорганизмы рода *Clostridium* [50]. У лиц с пищевой аллергией установлена положительная ассоциация с микроорганизмами рода *Ruminococcus* [31; 54]. У лиц, страдающих атопическим дерматитом, была установлена связь с микроорганизмами родов *Faecalibacterium*, *Parabacteroides*, представленность которых чаще всего была наиболее высокой [102; 114]. При аллергической пурпуре в кале обследованных больных было отмечено преобладание родов *Megamonas*, *Parabacteroides*, *Veillonella*, *Enterococcus* [112].

Необходимо отметить, что приведенные данные из разных источников в значительной мере разнятся (особенно по α - и β -разнообразию), даже при обследовании пациентов одной нозологической группы. По-видимому, это связано с различными возрастными, гендерными различиями обследованных, характером питания и др. Однако можно с уверенностью утверждать, что микробиом кишечника играет определенную роль в патогенезе атопических и иммунологических заболеваний.

Современные представления об этиопатогенезе аллергического ринита

Аллергический ринит (АР) — это хроническое, IgE-обусловленное воспалительное рецидивирующее после контакта с причинно-значимым аллергеном заболевание, сопровождающееся насморком, заложенностью, жжением и зудом носа, многократным чиханием. Распространенность аллергического ринита в России составляет 18–38 % [12]. В США аллергическим ринитом страдают около 30 млн людей, а в детской популяции распространенность АР достигает 40 % [5; 21; 25].



Наличие аллергических заболеваний, таких как АР, крапивница, атопический дерматит, бронхиальная астма, конъюнктивит, ангионевротический отек и др., у членов семьи увеличивает риск развития АР у ребенка. При наличии таких заболеваний у обоих родителей вероятность развития аллергопатологии составляет от 40 до 80 %, если болен один родитель – 20–40 % [25].

АР по клиническим и этиологическим проявлениям является неоднородным заболеванием. Выделяют различные группы аллергенов, вызывающих АР: 1) по пути поступления (ингаляционные, энтеральные, парентеральные, транспланцентарные); 2) по распределению в окружающей среде (indoor – аллергены внутри дома: домашней пыли, тараканов, домашних животных, грибов; outdoor – аллергены вне дома: пыльца и грибки); 3) по инфекционной принадлежности: неинфекционные – аллергены жилищ (эпидермальные, пыльца, пищевые, инсектные, лекарственные) и инфекционные (грибковые, бактериальные аллергены); 4) по происхождению (пищевые, инсектные, лекарственные и т.д.); 5) по химической структуре (гаптены, белковые и др.); 6) по диагностическим группам (главные и минорные) [6; 12; 25].

Наиболее распространенными аллергенами, вызывающими АР, являются ингаляционные аллергены, в частности клещи домашней пыли (25 %), пыльца деревьев, злаковых и сорных растений (50 %), аллергены домашних животных (15 %), а также плесневые грибки (5 %) [5]. В основе патогенеза АР чаще всего лежит реактивный тип реакции гиперчувствительности немедленного типа, но при длительной персистенции иммунных комплексов или недостаточной элиминации аллергена может активироваться и комплемент-зависимый вариант реакции [9; 20; 22].

При первом контакте антигена с антиген-презентирующими клетками в генетически предрасположенном организме формируется клон сенсibilизированных Th-2 лимфоцитов, которые, в свою очередь, активируют плазматические клетки к выработке реактинов – иммуноглобулинов класса E. Формирование специфической повышенной чувствительности (иммунологическая стадия аллергических реакций) к чужеродным веществам сопровождается выработкой и накоплением специфических IgE-антител. Важно отметить, что в последнее время отмечают и значение IgG4- и IgG-антител в формировании поддержания аллергического воспаления [4]. При повторном контакте с аллергеном происходит образование комплексов антиген-антител с последующей фиксацией на клетках-мишенях (тканевых тучных клетках и базофилах). В результате изменения обмена веществ в клетках-мишенях (патохимическая стадия) происходит выброс (дегрануляция) биологически активных веществ: гистамина, серотонина, гепарина, лейкотриенов, простагландинов, тромбоксанов и др. В ответ на это усиливается продукция ряда цитокинов аллергического воспаления (ИЛ-4, ИЛ-6, ИЛ-8, ИЛ-13, ГМ-КСФ) за счет активации клеток-мишеней второго порядка: эозинофилов, нейтрофилов, моноцитов и макрофагов, лимфоцитов, тромбоцитов [12]. Патофизиологическая стадия аллергических реак-



ций является результатом функционально-структурных изменений макроорганизма в ответ на выброс медиаторов аллергии и проявляется клиническими симптомами патологического процесса [19; 20; 22; 25].

Выделение характерных фенотипов для лиц, страдающих АР, затруднено ввиду большого количества генов, участвующих в реализации атопии и относительно небольшим (для генетических исследований) объемом выборки больных. Показано, что в реализации атопии участвуют десятки генов, но вклад одного гена, как правило, не превышает 5%. За развитие IgE-опосредованных реакций ответственны гены гуморального иммунного ответа, локализованные на участках 5q24-33, они содержат кластер семейства цитокинов (IL-4, IL-25, IL-5, IL-13, IL-3, GM-CSF). Одним из определяющих наследственных факторов возникновения атопической формы заболевания является полиморфизм гена Pe50ValIL-4 4Rd цепи, связанный с повышенной продукцией IgE. С развитием сезонного АР ассоциируются некоторые HLA-антигены [25].

109

Основными клиническими проявлениями АР являются чихание, заложенность носа и ринорея. При осмотре носовой полости отмечаются такие характерные изменения, как отек слизистой разной степени выраженности, слизистая оболочка бледная, иногда с синюшным оттенком, в полости имеется водянистое или пенистое отделяемое. Иногда отмечается наличие обильного серозного экссудата [25].

Выраженность клинических проявлений зависит не только от эндогенных факторов, но и от количества аллергена в окружающей среде. Получены данные, согласно которым клинические симптомы у детей с АР развиваются при содержании пыльцы амброзии в воздухе дольше 12 дней, при концентрации от 40 зерен на м³. А экспозиция аллергена более 19 дней в концентрации более 71 зерен на м³ способна провоцировать проявления бронхообструктивного синдрома [89].

Осложнения аллергического ринита

Важно отметить, что у больных АР даже вне фазы обострения наблюдается неспецифическая назальная гиперреактивность (повышенный ответ на раздражители даже неаллергической природы). При осмотре носовой полости в этот период может отмечаться так называемое минимальное персистирующее воспаление – сохранение признаков воспаления слизистой носовой полости при отсутствии симптомов заболевания [25].

АР имеет специфическую инфекционную и неинфекционную коморбидность. К неинфекционным проявлениям относятся сопутствующая аллергическая патология, аллергический риноконъюнктивит, бронхиальная астма, атопический дерматит, гипертрофия аденоидных вегетаций.

У 40% детей с атопическим дерматитом встречается АР, что в 6–8 раз чаще, чем в общей популяции. Аллергический риноконъюнктивит сочетается с АР в 75% случаев. Заболеваемость бронхиальной астмой (БА), социально значимым заболеванием в России, по данным статистических исследований МЗ РФ, у детей составляет 1–1,5%. У детей с БА в



80 % встречается АР. Эти данные соответствует общей тенденции развития атопии — «атопическому маршу» [4; 12]. К инфекционным осложнениям АР относят бактериальные, бактериально-грибковые и вирусно-бактериальные инфекции дыхательных путей, воспаление глоточной миндалины, среднего уха. Глоточная миндалина — периферический орган иммунной системы, который вовлекается при АР в хроническое воспаление и значительно увеличивается в размере. Аденовирусная инфекция также имеет тропность к ткани миндалины, а при наличии АР формируется носительство инфекции и хронический аденоидит. При наличии респираторной сенсебилизации гиперплазия аденоидов встречается значительно чаще, чем у здоровых детей. Разрастание аденоидных вегетаций способствует увеличению назальной обструкции и ринореи, реализации синдрома постназального затекания, синдрома обструктивного апноэ сна, а также нарушению функционирования евстахиевых труб, что приводит к рецидивирующим длительным средним отитам, нередко к кондукционной тугоухости и, в последствии, к необходимости проведения кохлеарной имплантации [1; 6].

У 20—70 % детей с АР и БА встречается *Staphylococcus aureus*, а микробная обсемененность значительно выше, чем у практически здоровых детей, в 1,5—2 раза. В случаях сочетания АР и БА *Staphylococcus aureus* является основной высеваемой у больных микрофлорой, дополнительно высеивается *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Corynebacterium spp.* Считается, что такие возбудители, как *Streptococcus viridans*, *Streptococcus haemolyticus*, *Neisseria* и *Klebsiella spp.*, высеиваются случайно [1; 6; 21]. Носительство *Staphylococcus aureus* при АР сочетается с более выраженной заложенностью носа и длительными риносинуситами. У таких больных при наличии синдрома постназального затекания отмечена высокая частота бронхитов, для них характерны длительные средние отиты (по 2—4 недели, не отвечают на антибактериальную терапию). У детей с АР с бактериальной колонизацией на слизистой носоглотки более выражена сенсебилизация к аллергенам в сравнении с детьми с АР без бактериальной колонизации [21].

При терапии АР и БА широко применяют интраназальные и ингаляционные кортикостероиды. В результате их использования нередко высеивается грибковая флора, представленная грибами рода *Candida* (*C. albicans* (82 %), *C. parapsilosis* (9 %), *C. tropicalis* (6 %), *C. krusei* (3 %)) [9]. В связи с этим рекомендовано каждые 6—12 месяцев проводить противогрибковую терапию у детей с АР [9; 25]. Известно, что грибково-бактериальная флора создает симбиоз, проникая во внутритканевое пространство, создавая микробные эвазии и ускользя от защитных механизмов врожденного иммунного ответа [2]. Важно подчеркнуть, что при обострении аллергического воспаления количество грибково-бактериальной флоры высеивается значительно больше и чаще именно в ассоциациях [21].

Таким образом, ранее проведенные исследования назальной микрофлоры у детей с различными вариантами АР позволили установить определенную взаимосвязь между клиническими проявлениями заболевания и спектром высеиваемых микроорганизмов.



Предварительная концепция участия назальной и кишечной микробиоты в патогенезе развития осложнений аллергического ринита

Можно сделать вывод, что в научной литературе достаточно подробно описано наличие ассоциаций между рядом заболеваний (и не только иммунозависимых) и таксономическим составом микробиоты кишечника. До конца не решенными остались вопросы о количестве и составе микробиоты, населяющей носовую полость в норме и при патологии. Сведения о микробиоте, населяющей назальный этаж (носовая полость, рот, ротоглотка) мукозо-ассоциированной лимфоидной ткани (МАЛТ), достаточно разнообразны. Формирование микробиоты, колонизирующей носоглотку, начинается с первых минут жизни человека микроорганизмами, получаемыми от матери. В первые месяцы в микробиоте передней части носа отмечен значительный удельный вес *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Corynebacterium* или *Moraxella*. Важно отметить, что таксономический профиль у детей в первый год жизни имел существенные различия в зависимости от вида родоразрешения. Обнаружено, что дети, родившиеся с помощью кесарева сечения, в носовой полости имеют более высокую долю *Firmicutes*, *Staphylococcus* и более низкое количество *Corynebacterium* по сравнению с детьми, родившимися естественным путем [97]. Авторы подчеркивают, что количество и композиции микроорганизмов изменяются по мере взросления ребенка и во многом зависят от его окружения, экологических факторов и типа вскармливания [88; 116]. В этих исследованиях отмечено, что профиль микробиоты в младенческом возрасте характеризуется нестабильностью. На сегодняшний день принято считать, что индивидуальный спектр микробных ассоциаций становится относительно стабильным к трем годам [88; 105; 116]. Помимо возрастных отличий, состав микробиоты и соотношение таксонов существенно различаются в зависимости от уровня локализации в дыхательных путях соответственно строению слизистой оболочки (ороговевающий плоский эпителий с сальными железами в носдрах, многорядный призматический реснитчатый эпителий в пазухах и носовых ходах), влажности воздуха [99]. Так, в среднем носовом ходе наиболее распространенными микроорганизмами являются *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* и *Propionibacterium acnes* [91; 99]. Таким образом, на качественный и количественный составы микробиоты носовой полости влияет (особенно в раннем возрасте) ряд факторов: способ родоразрешения, колонизируемый эпителий, характерный для той или иной области, интенсивность контакта с окружающей средой и экологические факторы, возраст.

Таксономический состав микробиоты у взрослых здоровых лиц в назальной полости также подвержен значительным вариациям. В бактериальных сообществах преобладали актинобактерии, *Firmicutes*, а в некоторых случаях протеобактерии. *Corynebacteriaceae* и *Propionibacteriaceae* были наиболее распространенными семействами актинобактерий в полости носа, причем удельный вес *Corynebacteriaceae* и *Propionibacteri-*



aceae у отдельных индивидуумов варьировался от 0,4 до 62,8%. Данный факт позволил выделить 4 профиля микробных ассоциаций по разнообразию флоры и ее обилию, характерных для этой области [30; 91; 117]. Кристина Басис и соавторы в 2014 г. описали существенные отличия между микробными ассоциациями в полости носа и ротовой полости. В ротовой полости *Streptococcaceae* была самой многочисленной семьей *Firmicutes*, а у нескольких субъектов — самой многочисленной семьей в целом. Также представители *Veillonellaceae* были более распространены. Полость носа по сравнению с ротовой полостью содержала более высокие уровни *Comamonadaceae* [30].

Менее изучен вопрос о количественном и таксономическом разнообразии микробиоты при патологии. В специальной литературе отмечается, что бактериальные инфекции приводят к заметным изменениям состава микробных ассоциаций, населяющих носовую полость [40; 49; 92; 99]. В зависимости от характера патологии — хронической или острой формы, инфекционного агента, локализации — у пациентов с сезонным риносинуситом (СРС) в образцах отмечено высокое содержание *Streptococcus*, *Haemophilus* и *Fusobacterium spp.* на фоне потери бактериального разнообразия по сравнению со здоровыми контролями. Образцы, взятые из среднего носового хода у пациентов с СРС и носовыми полипами, были обогащены *Staphylococcus*, *Alloiococcus* и *Corynebacterium spp.* [75; 101]. У лиц с хроническим аллергическим ринитом отмечается более высокая бактериальная обсемененность, чем у здоровых. В бактериальном спектре ведущую роль играет *Staphylococcus aureus*, сочетающаяся с *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Corynebacterium spp.*, редко высеваются *Streptococcus viridans*, *Streptococcus haemolyticus*, *Neisseria* и *Klebsiella spp.* [21]. В исследованиях Е. А. Коупа и соавторов [43] показано, что пациентов с хроническим ринитом по специфическим паттернам бактериальной колонизации можно условно разделить на четыре подгруппы в зависимости от преобладания в ассоциациях *Streptococcaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Corynebacteriaceae*, *Staphylococcaceae*. Представители каждой из этих групп инициируют несколько отличные типы воспалительного Th1-иммунного ответа, ассоциированного с повышенной экспрессией генов различных интерлейкинов. Это позволило авторам обосновать вывод о необходимости выработки индивидуальной стратегии терапии [43]. Ряд авторов отмечают, что у этих пациентов на фоне кортикостероидной терапии нередко высевается грибковая флора, представленная родами *Candida* (*C. albicans* (82%), *C. parapsilosis* (9%), *C. tropicalis* (6%), *C. krusei* (3%)). Причем в фазе обострения заболевания ассоциации грибково-бактериальной флоры высеваются гораздо чаще [9; 21]. Такие симбиотические ассоциации снижают эффективность как врожденного, так и адаптивного иммунного ответа и требуют регулярных курсов антигрибковой терапии [9; 57]. Таким образом, мы можем отметить, что профилирование генов 16S rRNA для оценки видового разнообразия микробиома позволило выявить существенные отличия между микробными ассоциациями, населяющими носовую и ротовую полости, у здоровых доноров и лиц с острой и хронической патологией носо-, ротоглотки.



Как показано выше, микробная флора, населяющая назальный этаж МАЛТ, достаточно разнообразна и изменяется под влиянием целого ряда факторов как у здоровых лиц, так и при патологических состояниях. Ее роль в развитии осложнений аллергического ринита не является до конца установленной. По-видимому, изменение количества и состава микробных ассоциаций при патологических состояниях нарушает стройный механизм активации и супрессии местного иммунитета и может приводить к развитию инфекционных заболеваний ЛОР-органов и дыхательной системы. Связь между особенностями микробиоты носовой полости и наличием осложнений хронического аллергического ринита раскрыта предположительно и требует углубленных исследований в части патофизиологических механизмов формирования типов иммунного ответа, зависящих от композиций микробиоты.

Тем не менее ряд авторов предложили ввести в комплексное лечение АР коррекцию микробиоты назальной полости [3; 76; 116]. Для нормализации микробного состава рекомендовано использовать трансплантацию микробиоты от здоровых доноров. Данный метод, предположительно, сможет оказать положительное влияние на численность и функционирование патогенных микроорганизмов [3; 76; 105]. Однако, на наш взгляд, отдаленные результаты подобной терапии являются дискуссионными. Некоторые исследователи предлагают применять пробиотики в терапии аллергического ринита [14; 21]. Другие авторы настаивают на ранней коррекции микробиоты кишечника для детей, получавших антибиотики [68]. Каждый из предложенных методов имеет свои плюсы и минусы и нуждается в проверке.

По нашему мнению, наиболее оптимальным и безопасным в комплексном лечении аллергического ринита может быть применение бактериальных лизатов, важнейшим компонентом которых являются пептидгликаны. Пептидгликаны, входящие в состав бактериальных стенок грамм-положительных и грамм-отрицательных бактерий, — одни из важнейших регуляторов иммунобиологической реактивности мукозального иммунитета [8]. Воздействуя на ряд рецепторов врожденного иммунитета, пептидгликаны способствуют формированию адаптивного иммунного ответа слизистых и тем самым усиливают противобактериальный и противовирусный иммунитет, восстанавливая баланс микрофлоры назальной полости. Мы предполагаем, что при аллергическом рините, особенно при его персистирующей форме, нарушается тонкий баланс между активацией и иммуносупрессией мукозального иммунитета, что в конечном итоге приводит к инфекционным осложнениям этого заболевания. Ринорея, один из основных симптомов аллергического ринита, способствует изменению таксономического состава микробиоты слизистых носовой полости, соответственно нарушает барьерную функцию мукозального иммунитета, что приводит к развитию коморбидных состояний.

На основании вышеизложенного нам представляется актуальным изучение роли назальной и кишечной микробиоты в патогенезе осложнений аллергического ринита. Планируемое нами изучение α - и β -разнообразия, таксономического состава микробиоты на уровне ро-



дов в носовой полости и в кишечнике у детей с аллергическим ринитом в фазе обострения и ремиссии, а также у здоровых детей позволит расширить фундаментальные знания в области значимости влияния микробиоты на физиологические и патологические процессы в человеческом организме.

Выводы

1. Микробиоте принадлежит важнейшая роль в формировании и поддержании иммунобиологической реактивности организма.
2. Для идентификации и сравнения микробных сообществ организма основными методами изучения являются профилирование генов 16S rRNA и метагеномное секвенирование.
3. Микробиота, в первую очередь кишечная, как фактор, регулирующий деятельность иммунной системы, играет определенную роль в патогенезе иммунозависимых заболеваний.
4. В основе развития аллергического ринита лежит опосредованная IgE воспалительная реакция слизистой оболочки полости носа в результате попадания на нее аллергенов.
5. При аллергическом рините, особенно при его персистирующей форме, нарушается тонкий баланс между активацией и иммуносупрессией мукозального иммунитета, который в конечном итоге приводит к инфекционным осложнениям этого заболевания.

Список литературы

1. *Аллергический ринит у детей : рекомендации и алгоритм при детском аллергическом рините.* М., 2015.
2. *Гариб Ф.Ю., Ризопулу А.П.* Взаимодействия патогенных бактерий с врожденными иммунными реакциями хозяина // *Инфекция и иммунитет.* 2012. Т. 2, №3. С. 581–596.
3. *Джапаридзе Л.А., Суворов А.Н.* Изучение микробиома человека как основы для коррекции инфекционных и неинфекционных патологий // *Региональная экология.* 2018. №4 (54). С. 16–27.
4. *Ильина Н.И.* Эпидемия аллергии – в чем причины? // *Российский аллергологический журнал.* 2004. №1. С. 37–41.
5. *Камалтынова Е.М.* Распространенность, клинико-аллергологическая характеристика аллергических заболеваний у детей г. Томска и Томской области : автореф. ... дис. д-ра мед. наук. Томск, 2013.
6. *Аллергический ринит у детей : клинические рекомендации.* М., 2016.
7. *Ковальчук Л.В.* Современные проблемы клинической иммунологии в свете новых представлений о врожденном иммунитете // *Лекции по педиатрии: иммунология.* М., 2010. Т. 9.
8. *Козлов И.Г.* Микробиота, мукозальный иммунитет, и антибиотики: тонкости взаимодействия // *Российский медицинский журнал.* 2018. №8 (1). С. 19–27.
9. *Лисовская С.А., Глушко Н.И., Халдеева Е.В.* Патогенные свойства штаммом грибов рода *Candida* при инфекциях верхних дыхательных путей // *Практическая медицина.* 2000. №4 (23). С. 38–39.
10. *Марков А.В.* Проблема происхождения эукариот // *Палеонтологический журнал.* 2005. №2. С. 3–12.



11. Недоспасов С. А. Врожденный иммунитет и его механизмы. М., 2012.
12. Никифорова Г. Н., Федоскова Т. Г., Свистушкин В. М. Аллергический ринит. Проблемы ведения пациентов // Российский медицинский журнал. 2018. №8 (I). С. 46–52.
13. Новое в физиологии мукозального иммунитета/ под ред. А. В. Караулова, В. А. Алешкина, С. С. Афанасьева, Ю. В. Несвижского. М., 2015.
14. Подопригора Г. И., Кафарская Л. И., Байнов Н. А. Гнотобиология в современных медико-биологических исследованиях // Вестник Российской академии медицинских наук. 2012. Т. 67. С. 63–70.
15. Программа ВОЗ ARIA (Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma). 2001.
16. Суворов А. Н. Мир микробов и человек // Природа. 2015. №5 (1197). С. 11–19.
17. Суворов А. Н. Полезные микробы – кто они? // Природа. 2009. №7 (1127). С. 21–30.
18. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению аллергического ринита М., 2013.
19. Хаитов Р. М., Пинегин Б. В., Ярилин А. А. Иммунология. Атлас. М., 2011.
20. Хаитов Р. М. Иммунология : учебник. М., 2011.
21. Шарифуллина А. А., Баязитова Л. Т., Агафонова Е. В. Микробиоценозы полости носа у детей с различными вариантами аллергического ринита и подходы к терапии // Практическая медицина. 2007. №4 (23). С. 35–38.
22. Ярилин А. А. Иммунология : учебник. М., 2010.
23. Akira S., Takeda K. Toll-like receptors in innate immunity // Inter. Immunol. 2005. Vol. 17 (1). P. 1–14.
24. Allaband C., McDonald D., Minich J. J. et al. Microbiome 101: studying, analyzing, and interpreting gut microbiome data for clinicians // Clinical Gastroenterology and Hepatology. 2019. Vol. 17, iss. 2. P. 2018–230.
25. Brożek J. L. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) guidelines – 2016 revision // American Academy of Allergy, Asthma & Immunology. 2017. Vol. 140, iss. 4. P. 950–958.
26. Aragón I. M., Herrera-Imbroda B., Queipo-Ortuño M. I. et al. The Urinary Tract Microbiome in Health and Disease // Eur. Urol. Focus. 2018. №4 (1). P. 128–138. doi: 10.1016/j.EUF.2016.11.001.
27. Arrieta M.-C., Stiemsma L. T., Dimitriu P. A. et al. Early infancy microbial and metabolic alterations affect risk of childhood asthma // Sci. Transl. Med. 2015. №7 (307). 307ra152-307ra152. doi: 10.1126/scitranslmed.aab2271.
28. Arumugam M., Raes J., Pelletier E. et al. Enterotypes of the human gut microbiome // Nature. 2011. №473 (7346). P. 174–180. doi: 10.1038/nature09944.
29. Bacterial evasion of host immune responses / eds. B. Henderson, P. C. F. Oyston. Cambridge University Press, 2003.
30. Bassis C. M., Tang A. L., Young V. B., Pynnonen M. A. The nasal cavity microbiota of healthy adults // Microbiome. 2014. №2. P. 27.
31. Berni Canani R., Sangwan N., Stefa A. T. et al. Lactobacillus rhamnosus GG-supplemented formula expands butyrate-producing bacterial strains in food allergic infants // ISME J. 2016. №10 (3). P. 742–750.
32. Borgdorff H., van der Veer C., van Houdt R. et al. The association between ethnicity and vaginal microbiota composition in Amsterdam, the Netherlands // PLoS One. 2017. №12 (7). e0181135. doi: 10.1371/journal.pone.0181135.
33. Caporaso J. G. et al. Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms // The ISME Journal. 2012. Vol. 6, iss. 8. P. 1621.
34. Cash H. L., Whitham C. V., Behrendt C. L., Hooper L. V. Symbiotic bacteria direct expression of an intestinal bactericidal lectin // Science. 2006. Vol. 313. P. 1126–1130.



35. Chen G. Y., Nunez G. Gut immunity: a NOD to the commensals // *Current Biology*. 2008. Vol. 19. P. 171–174

36. Chen T., Long W., Zhang C. et al. Fiber-utilizing capacity varies in *Prevotella- versus Bacteroides-dominated* gut microbiota // *Sci Rep*. 2017. №7 (1). 2594. doi: 10.1038/s41598-017-02995-4.

37. Chen T., Yu W.-H., Izard J. et al. The Human Oral Microbiome Database: a web accessible resource for investigating oral microbe taxonomic and genomic information // *Database*. 2010. №2010 (0). baq013-baq013. doi: 10.1093/database/baq013.

38. Chen Y. E., Tsao H. The skin microbiome: current perspectives and future challenges // *J Am Acad Dermatol*. 2013. №69 (1). P. 143–155. doi: 10.1016/j.jaad.2013.01.016.

39. Chiu C. Y., Cheng M. L., Chiang M. H. et al. Gut microbial-derived butyrate is inversely associated with IgE responses to allergens in childhood asthma // *Pediatr Allergy Immunol*. 2019. №30 (7). P. 689–697.

40. Choi C. H., Poroyko V., Watanabe S. et al. Seasonal allergic rhinitis affects sinonasal microbiota // *Am J Rhinol Allergy*. 2014. №28. P. 281–286.

41. Chu H., Mazmanian S. K. Innate immune recognition of the microbiota promotes hostmicrobial symbiosis // *Nat. Immunol*. 2013. Vol. 14 (7). P. 668–675.

42. Cohen L. J., Han S., Huang Y.-H., Brady S. F. Identification of the Colicin V Bacteriocin Gene Cluster by Functional Screening of a Human Microbiome Metagenomic Library // *ACS Infect Dis*. 2018. №4(1). P. 27–32. doi: 10.1021/acsinfectdis.7b00081.

43. Cope E. K., Goldberg A. N., Pletcher S. D., Lynch S. V. Compositionally and functionally distinct sinus microbiota in chronic rhinosinusitis patients have immunological and clinically divergent consequences // *Microbiome*. 2017. №5 (1). P. 53.

44. Costalonga M., Herzberg M. C. The oral microbiome and the immunobiology of periodontal disease and caries // *Immunol Lett*. 2014. №162(2). P. 22–38. doi: 10.1016/j.imlet.2014.08.017.

45. Cui X., Guo Y., Wang Q., Li X. /MiR-199-3p/Dnmt3a/STAT3 signaling pathway in the ovalbumin-induced allergic rhinitis // *Exp Physiol*. 2019. №104 (8). P. 1286–1295. doi: 10.1113/EP087751/(Cui X et al).

46. Davila A.-M., Blachier F., Gotteland M. et al. Intestinal luminal nitrogen metabolism: Role of the gut microbiota and consequences for the host // *Pharmacol Res*. 2013. №68 (1). P. 95–107. doi: 10.1016/j.phrs.2012.11.005.

47. de Aguiar Vallim T. Q., Tarling E. J., Edwards P. A. Pleiotropic roles of bile acids in metabolism // *Cell Metab*. 2013. №17 (5). P. 657–669. doi: 10.1016/j.cmet.2013.03.013.

48. Derrien M., Collado M. C., Ben-Amor K. et al. The Mucin degrader *Akkermansia muciniphila* is an abundant resident of the human intestinal tract // *Appl Environ Microbiol*. 2008. №74 (5). P. 1646–1648. doi: 10.1128/AEM.01226-07.

49. Desrosiers M. Refractory chronic rhinosinusitis: pathophysiology and management of chronic rhinosinusitis persisting after endoscopic sinus surgery // *Curr Allergy Asthma Rep*. 2004. №4 (3). P. 200–207.

50. Di Paola M., Cavalieri D., Albanese D. et al. Alteration of Fecal Microbiota Profiles in Juvenile Idiopathic Arthritis. Associations with HLA-B27 Allele and Disease Status // *Front Microbiol*. 2016. №7. 1703. doi: 10.3389/fmicb.2016.01703.

51. Di Pilato V., Freschi G., Ringressi M. N. et al. The esophageal microbiota in health and disease // *Ann N Y Acad Sci*. 2016. №1381 (1). P. 21–33. doi: 10.1111/nyas.13127.

52. Dickson R. P., Erb-Downward J. R., Freeman C. M. et al. Bacterial Topography of the Healthy Human Lower Respiratory Tract // *MBio*. 2017. №8(1). doi: 10.1128/mBio.02287-16.

53. Dinan T. G., Cryan J. F. The Microbiome-Gut-Brain Axis in Health and Disease // *Gastroenterol Clin North Am*. 2017. №46 (1). P. 77–89. doi: 10.1016/j.gtc.2016.09.007.



54. *Fazlollahi M., Chun Y., Grishin A. et al.* Early-life gut microbiome and egg allergy // *Allergy*. 2018. №73 (7). P. 1515–1524. doi: 10.1111/all.13389.
55. *Fernando M.R., Saxena A., Reyes J.-L., McKay D.M.* Butyrate enhances antibacterial effects while suppressing other features of alternative activation in IL-4-induced macrophages // *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2016. №310 (10). G822-31. doi: 10.1152/ajpgi.00440.2015.
56. *Fischbach M.A., Segre J.A.* Signaling in Host-Associated Microbial Communities // *Cell*. 2016. №164 (6). P. 1288–1300. doi: 10.1016/j.cell.2016.02.037.
57. *Gelber J.T., Cope E.K., Goldberg A.N., Pletcher S.D.* Evaluation of Malassezia and Common Fungal Pathogens in Subtypes of Chronic Rhinosinusitis // *Int Forum Allergy Rhinol*. 2016. №71 (4). P. 475–494.
58. *Gupta V.K., Paul S., Dutta C.* Geography, Ethnicity or Subsistence-Specific Variations in Human Microbiome Composition and Diversity // *Front Microbiol*. 2017. №8. P. 1162. doi: 10.3389/fmicb.2017.01162.
59. *Hamer H.M., Jonkers D., Venema K. et al.* Review article: the role of butyrate on colonic function // *Aliment Pharmacol Ther*. 2007. №27 (2). P. 104–119. doi: 10.1111/j.1365-2036.2007.03562.x.
60. *Holden N.S., Gong W., King E.M. et al.* Potentiation of NF-kappaB-dependent transcription and inflammatory mediator release by histamine in human airway epithelial cells // *Br. J. Pharmacol*. 2007. Vol. 152. №6. P. 891–902.
61. *Holzer P., Farzi A.* Neuropeptides and the microbiota-gut-brain axis // *Adv Exp Med Biol*. 2014. №817. P. 195–219. doi: 10.1007/978-1-4939-0897-4_9.
62. *Hooper L.V., Wong M.H., Thelin A. et al.* Molecular Analysis of Commensal Host-Microbial Relationships in the Intestine // *Science*. 2001. №291 (5505). P. 881–884. doi: 10.1126/science.291.5505.881.
63. *Hooper L.V.* Do symbiotic bacteria subvert host immunity? // *Nat. Rev. Microbiol*. 2009. Vol. 7. P. 367–374.
64. *Hooper L.V., Gordon J.I.* Commensal host-bacterial relationships in the gut // *Science*. 2001. Vol. 292. P. 1115–1118.
65. *Hsiao W.W., Metz C., Singh D.P., Roth J.* The microbes of the intestine: an introduction to their metabolic and signaling capabilities // *Endocrinol. Metab. Clin. North. Am.* 2008. Vol. 37. P. 857–871.
66. *Iwasaki A.* Mucosal dendritic cells // *Annu. Rev. Immunol*. 2007. Vol. 25. P. 381–418.
67. *Janeway C.A.* Approaching the Asymptote? Evolution and Revolution in Immunology // *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 1989. №54. P. 1–13.
68. *Ni J., Friedman H., Boyd B.C. et al.* Early antibiotic exposure and development of asthma and allergic rhinitis in childhood // *BMC Pediatrics*. 2019. Vol. 19, iss. 225.
69. *Jeon S.G., Kayama H., Ueda Y. et al.* Probiotic *Bifidobacterium breve* induces IL-10-producing Tr1 cells in the colon // *PLoS Pathog*. 2012. Vol. 8. e1002714.
70. *Johansson M.E., Larsson J.M., Hansson G.C.* The two mucus layers of colon are organized by the MUC2 mucin, whereas the outer layer is a legislator of host-microbial interactions // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2011. Vol. 108. Suppl. 1. P. 4659–4665.
71. *Johansson M.E., Sjovall H., Hansson G.C.* The gastrointestinal mucus system in health and disease // *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol*. 2013. Vol. 10 (6). P. 352–361.
72. *Jung T.-H., Park J.H., Jeon W.-M., Han K.-S.* Butyrate modulates bacterial adherence on LS174T human colorectal cells by stimulating mucin secretion and MAPK signaling pathway // *Nutr Res Pract*. 2015. №9(4). P. 343–349. doi: 10.4162/nrp.2015.9.4.343.
73. *Klimenko N. et al.* Microbiome responses to an uncontrolled short-term diet intervention in the frame of the Citizen Science Project // *Nutrients*. 2018. Vol. 10, iss. 5. P. 576.



74. Kramer P., Bressan P. Humans as Superorganisms: How Microbes, Viruses, Imprinted Genes, and Other Selfish Entities Shape Our Behavior // *Perspect Psychol Sci.* 2015. №10 (4). P. 464–481. doi: 10.1177/1745691615583131.
75. Lal D., Keim P., Delisle J. et al. Mapping and comparing bacterial microbiota in the sinonasal cavity of healthy, allergic rhinitis, and chronic rhinosinusitis subjects // *Int Forum Allergy Rhinol.* 2017. №7 (6). P. 561–569.
76. Lee J.T., Frank D.N., Ramakrishnan V. Microbiome of the paranasal sinuses: Update and literature review // *Am J Rhinol Allergy.* 2016. №30 (1). P. 3–16.
77. Liu R. H. et al. Self-contained, fully integrated biochip for sample preparation, polymerase chain reaction amplification, and DNA microarray detection // *Analytical chemistry.* 2004. Vol. 76, iss. 7. P. 1824–1831.
78. Macfarlane G.T., Macfarlane S. Bacteria, colonic fermentation, and gastrointestinal health // *J AOAC Int.* №95 (1). P. 50–60.
79. Macpherson A.J., Gatto D., Sainsbury E. et al. A primitive T cell independent mechanism of intestinal mucosal IgA responses to commensal bacteria // *Science.* 2000. Vol. 288. P. 2222–2226.
80. Macpherson A. J., Hunziker L., McCoy K., Lamarre A. IgA responses in the intestinal mucosa against pathogenic and non-pathogenic microorganisms // *Microbes Infect.* 2001. Vol. 3. P. 1021–1035.
81. Man W.H., de Steenhuijsen P. A.A., Bogaert D. The microbiota of the respiratory tract: gatekeeper to respiratory health // *Nat Rev Microbiol.* 2017. №15 (5). P. 259–270. doi: 10.1038/nrmicro.2017.14.
82. Mazmanian S.K., Liu C.H., Tzianabos A.O., Kasper D.L. An immunomodulatory molecule of symbiotic bacteria directs maturation of the host immune system // *Cell.* 2005. Vol. 122. P. 107–118.
83. Medzhitov R., Preston-Hurlburt P., Janeway C.A. A human homologue of the Drosophila Toll protein signals activation of adaptive immunity // *Nature.* 1997. №388 (6640). P. 394–397.
84. Melnik A. V. et al. Coupling targeted and untargeted mass spectrometry for metabolome-microbiome-wide association studies of human fecal samples // *Analytical chemistry.* 2017. Vol. 89, iss. 14. P. 7549–7559.
85. Schaefer M., Enck P. Effects of a probiotic treatment (*Enterococcus faecalis*) and open-label placebo on symptoms of allergic rhinitis: study protocol for a randomised controlled trial // *BMJ Open.* 2019. №9 (10). e031339.
86. Patrascu O., Béguet-Crespel F., Marinelli L. et al. A fibrolytic potential in the human ileum mucosal microbiota revealed by functional metagenomics // *Sci Rep.* 2017. №7 (1). 40248. doi:10.1038/srep40248.
87. Pearson C., Uhlig H. H., Powrie F. Lymphoid microenvironments and innate lymphoid cells in the gut // *Trends Immunol.* 2012. Vol. 33. P. 289–296.
88. Peterson S.W., Knox N.C., Golding G.R. et al. A Study of the Infant Nasal Microbiome Development over the First Year of Life and in Relation to Their Primary Adult Caregivers Using cpn60 Universal Target (UT) as a Phylogenetic Marker // *PLoS One.* 2016. №11 (3). e0152493.
89. Jones N.R., Agnew M., Banic I. et al. Ragweed pollen and allergic symptoms in children: Results from a three-year longitudinal study // *Sci Total Environ.* 2019. №683. P. 240–248. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.284/(Jones NR et al.).
90. Rajilic-Stojanovic M., de Vos W.M. The first 1000 cultured species of the human gastrointestinal microbiota // *FEMS Microbiol. Rev.* 2014. Vol. 38. P. 996–1047.
91. Ramakrishnan V.R., Feazel L.M., Gitomer S.A. et al. The microbiome of the middle meatus in healthy adults // *PLoS One.* 2013. №8 (12). e85507.
92. Rawls M., Ellis A.K. The microbiome of the nose // *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2019. №122 (1). P. 17–24.



93. Ridlon J.M., Kang D.J., Hylemon P.B., Bajaj J.S. Bile acids and the gut microbiome // *Curr Opin Gastroenterol*. 2014. №30 (3). P. 332–338. doi: 10.1097/MOG.000000000000057.
94. Ríos-Covián D., Ruas-Madiedo P., Margolles A. et al. Intestinal Short Chain Fatty Acids and their Link with Diet and Human Health // *Front Microbiol*. 2016. №7. P. 185. doi: 10.3389/fmicb.2016.00185.
95. Segata N. et al. Computational meta'omics for microbial community studies // *Molecular systems biology*. 2013. Vol. 9, iss. 1.
96. Sender R., Fuchs S., Milo R. Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body // *PLoS Biol*. 2016. №14 (8). e1002533. doi: 10.1371/journal.pbio.1002533.
97. Shilts M.H., Rosas-Salazar C., Tovchigrechko A. et al. Minimally Invasive Sampling Method Identifies Differences in Taxonomic Richness of Nasal Microbiomes in Young Infants Associated with Mode of Delivery // *Microb Ecol*. 2016. №71 (1). P. 233–242.
98. Shreiner A.B., Kao J.Y., Young V.B. The gut microbiome in health and in disease // *Curr Opin Gastroenterol*. 2015. №31(1). P. 69–75. doi: 10.1097/MOG.000000000000139.
99. Sjögren Y.M., Jenmalm M.C., Böttcher M.F. et al. Altered early infant gut microbiota in children developing allergy up to 5 years of age // *Clin Exp Allergy*. 2009. №39. P. 518–526.
100. Smith P.D., Ochsenbauer-Jambor C., Smythies L.E. Intestinal macrophages: unique effector cells of the innate immune system // *Immunol. Rev*. 2005. Vol. 206. P. 149–159.
101. Dimitri-Pinheiro S., Soares R., Barata P. The Microbiome of the Nose – Friend or Foe? *Allergy & Rhinology* 2020. №11. 2152656720911605.
102. Song H., Yoo Y., Hwang J. et al. Faecalibacterium prausnitzii subspecies – level dysbiosis in the human gut microbiome underlying atopic dermatitis // *J Allergy Clin Immunol*. 2016. №137 (3). P. 852–860. doi: 10.1016/J.JACI.2015.08.021.
103. Stiemsma L.T., Arrieta M.-C., Dimitriu P.A. et al. Shifts in *Lachnospira* and *Clostridium* sp. in the 3-month stool microbiome are associated with preschool age asthma // *Clin Sci*. 2016. №130 (23). P. 2199–2207. doi: 10.1042/CS20160349.
104. Stokholm J., Blaser M.J., Thorsen J. et al. Maturation of the gut microbiome and risk of asthma in childhood // *Nat Commun*. 2018. №9 (1). 141. doi: 10.1038/s41467-017-02573-2.
105. Vorovor A., Karaseva A., Kotyleva M. et al. Autoprobiotics as an approach for restoration of personalised microbiota // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. 1869.
106. Tang H., Li T., Han X., Sun J. TLR4 antagonist ameliorates combined allergic rhinitis and asthma syndrome (CARAS) by reducing inflammatory monocytes infiltration in mice model // *Int Immunopharmacol*. 2019. №73. P. 254–260. doi: 10.1177/1945892419850924/(Tang H et al.).
107. Tiso M., Schechter A.N. Nitrate Reduction to Nitrite, Nitric Oxide and Ammonia by Gut Bacteria under Physiological Conditions // *PLoS One*. 2015. №10 (3). e0119712. doi: 10.1371/journal.pone.0119712.
108. Tomasova L., Konopelski P., Ufnal M. Gut Bacteria and Hydrogen Sulfide: The New Old Players in Circulatory System Homeostasis // *Molecules*. 2016. №21 (11). P. 1558. doi: 10.3390/molecules21111558.
109. Ubeda C., Pamer E. G. Antibiotics, microbiota, and immune defense // *Trends Immunol*. 2012. Vol. 33 (9). P. 459–466.
110. Varadi L. et al. Methods for the detection and identification of pathogenic bacteria: past, present, and future // *Chemical Society Reviews*. 2017. Vol. 46, iss. 16. P. 4818–4832.



111. Wang Q., Li F., Liang B. et al. A metagenome-wide association study of gut microbiota in asthma in UK adults // BMC Microbiol. 2018. №18 (1). 114. doi: 10.1186/s12866-018-1257-x.
112. Wang X., Zhang L., Wang Y. et al. Gut microbiota dysbiosis is associated with Henoch-Schönlein Purpura in children // Int Immunopharmacol. 2018. №58. P. 1–8. doi: 10.1016/j.intimp.2018.03.003.
113. Wlodarska M., Finlay B. B. Host immune response to antibiotic perturbation of the microbiota // Nature. 2010. Vol. 3 (2). P. 100–103.
114. Wopereis H., Sim K., Shaw A. et al. Intestinal microbiota in infants at high risk for allergy: Effects of prebiotics and role in eczema development // J Allergy Clin Immunol. 2018. №141 (4). 1334–1342.e5. doi: 10.1016/J.JACI.2017.05.054.
115. Wu G.D., Chen J., Hoffmann C. et al. Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes // Science. 2011. №334 (6052). P. 105–108. doi: 10.1126/science.1208344.
116. Yamanishi S., Pawankar R. Current advances on the microbiome and role of probiotics in upper airways disease // Curr Opin Allergy Clin Immunol. 2020. №20 (1). P. 30–35.
117. Yan M., Pamp S.J., Fukuyama J. et al. Nasal microenvironments and interspecific interactions influence nasal microbiota complexity and *S. aureus* carriage // Cell Host Microbe. 2013. №14. P. 631–640.
118. Yong E. Gut microbial «enterotypes» become less clear-cut // Nature. 2012. doi: 10.1038/nature.2012.10276.

Об авторах

Андрей Геннадьевич Гончаров — канд. мед. наук, ст. науч. сотр., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: AGoncharov@kantiana.ru

Андрей Петрович Продеус — д-р мед. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: prodeus@mail.ru

Маргарита Андреевна Шевченко — науч. сотр., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: lionsorciere@gmail.com

Айшат Зиябутдиновна Мархайчук — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: ayshat.90@rambler.ru

Алина Сергеевна Разина — клинический ординатор, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: dr.razina.alina@gmail.com

Екатерина Андреевна Гончарова — студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: katty98.98@mail.ru

Александр Михайлович Маляров — главный врач ГБКЗ «Детская областная больница Калининградской области», Россия.

E-mail: dob@infomed39.ru



Елена Викторовна Русина — ассист., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: rusina_elena@inbox.ru

The authors

Dr Andrei G. Goncharov, Senior Research Fellow, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: AGoncharov@kantiana.ru

Prof. Andrei P. Prodeus, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: prodeus@mail.ru

Margarita A. Shevchenko, Research Fellow, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: lionsorciere@gmail.com

Aishat Z. Markhaychuk, PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: ayshat.90@rambler.ru

Alina S. Razina, Clinical Resident, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: dr.razina.alina@gmail.com

Ekaterina A. Goncharova, Undergraduate Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: katty98.98@mail.ru

Alexander M. Malyarov, Head Doctor of the State Children's Clinical Hospital «Children's Regional Hospital of the Kaliningrad Region», Russia.

E-mail: dob@infomed39.ru

Elena V. Rusina, Assistant, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: rusina_elena@inbox.ru

ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ СТАТЕЙ В ВЕСТНИКЕ БФУ ИМ. И. КАНТА

Правила публикации статей в журнале

1. Представляемая для публикации статья должна быть актуальной, обладать новизной, содержать постановку задач (проблем), описание основных результатов исследования, полученных автором, выводы, а также соответствовать правилам оформления.

2. Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не публиковавшимся ранее в других печатных изданиях. При отправке рукописи в редакцию журнала автор автоматически принимает на себя обязательство не публиковать ее ни полностью, ни частично без согласия редакции.

3. Рекомендованный объем статьи для докторантов и докторов наук – 20–30 тыс. знаков с пробелами, для доцентов, преподавателей и аспирантов – не более 20 тыс. знаков.

4. Список литературы должен составлять от 15 до 30 источников, не менее 50 % которых должны представлять современные (не старше 10 лет) публикации в изданиях, рецензируемых ВАК и (или) международных изданиях. Оптимальный уровень самоцитирования автора – не выше 10 % от списка использованных источников.

5. Все присланные в редакцию работы проходят *внутреннее* и *внешнее рецензирование*, а также проверку системой «Антиплагиат», по результатам которых принимается решение о возможности включения статьи в журнал.

6. Статья на рассмотрение редакционной коллегией направляется ответственному редактору по e-mail. Контакты ответственных редакторов: http://journals.kantiana.ru/vestnik/contact_editorial/

7. Статьи на рассмотрение принимаются в режиме онлайн. Для этого авторам нужно зарегистрироваться на портале Единой редакции научных журналов БФУ им. И. Канта http://journals.kantiana.ru/submit_an_article и следовать подсказкам в разделе «Подать статью онлайн».

9. Решение о публикации (или отклонении) статьи принимается редакционной коллегией журнала после ее рецензирования и обсуждения.

10. Автор имеет право публиковаться в одном выпуске «Вестника Балтийского федерального университета им. И. Канта» один раз; второй раз в соавторстве – в исключительном случае, только по решению редакционной коллегии.

Комплектность и форма представления авторских материалов

1. Статья должна содержать следующие элементы:

1) индекс УДК – должен достаточно подробно отражать тематику статьи (основные правила индексирования по УДК см.: <http://www.naukapro.ru/metod.htm>);

2) название статьи строчными буквами на русском и английском языках (*до 12 слов*);

3) аннотацию на русском и английском языках (*150–250 слов, то есть 500 печатных знаков*). Располагается перед ключевыми словами после заглавия;

4) ключевые слова на русском и английском языках (*4–8 слов*). Располагаются перед текстом после аннотации;

5) список литературы (*примерно 25 источников*) оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5. – 2008;

7) сведения об авторах на русском и английском языках (Ф. И. О. полностью, ученые степени, звания, должность, место работы, e-mail, контактный телефон);

8) сведения о языке текста, с которого переведен публикуемый материал.

2. Ссылки на литературу в тексте статей даются только в квадратных скобках с указанием номера источника из списка литературы, приведенного в конце статьи: первая цифра – номер источника, вторая – номер страницы (например: [12, с. 4]).

3. Рукописи, не отвечающие требованиям, изложенным в пункте 1, в печать не принимаются, не редактируются и не рецензируются.

Общие правила оформления текста

Авторские материалы должны быть подготовлены *в электронной форме* в формате листа А4 (210 × 297 мм).

Все текстовые авторские материалы принимаются исключительно в формате *doc* и *docx* (Microsoft Office).

Подробная *информация о правилах оформления текста*, в том числе *таблиц, рисунков, ссылок и списка литературы*, размещена на сайте Единой редакции научных журналов БФУ им. И. Канта: <http://journals.kantiana.ru/vestnik/monograph/>.

Рекомендуем авторам ознакомиться с информационно-методическим комплексом «Как написать научную статью»: <http://journals.kantiana.ru/authors/imk/>.

Порядок рецензирования рукописей статей

1. Все научные статьи, поступившие в редколлегию Вестника БФУ им. И. Канта, подлежат обязательному рецензированию. Отзыв научного руководителя или консультанта не может заменить рецензии.

2. Ответственный редактор серии определяет соответствие статьи профилю журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на рецензирование специалисту, доктору или кандидату наук, имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию.

3. Сроки рецензирования в каждом отдельном случае определяются ответственным редактором серии с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи.

4. В рецензии освещаются следующие вопросы:

а) соответствует ли содержание статьи заявленной в названии теме;

б) насколько статья соответствует современным достижениям научно-теоретической мысли;

в) доступна ли статья читателям, на которых она рассчитана, с точки зрения языка, стиля, расположения материала, наглядности таблиц, диаграмм, рисунков и формул;

г) целесообразна ли публикация статьи с учетом ранее выпущенной по данному вопросу литературы;

д) в чем конкретно заключаются положительные стороны, а также недостатки статьи, какие исправления и дополнения должны быть внесены автором;

е) рекомендуется (с учетом исправления отмеченных рецензентом недостатков) или не рекомендуется статья к публикации в журнале, входящем в Перечень ведущих периодических изданий ВАК.

5. Рецензирование проводится конфиденциально. Автор рецензируемой статьи может ознакомиться с текстом рецензии. Нарушение конфиденциальности допускается только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

6. Если в рецензии содержатся рекомендации по исправлению и доработке статьи, ответственный редактор серии направляет автору текст рецензии с предложением учесть их при подготовке нового варианта статьи или аргументированно (частично или полностью) их опровергнуть. Доработанная (переработанная) автором статья повторно направляется на рецензирование.

7. Статья, не рекомендованная рецензентом к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Текст отрицательной рецензии направляется автору по электронной почте, факсом или обычной почтой.

8. Наличие положительной рецензии не является достаточным основанием для публикации статьи. Окончательное решение о целесообразности публикации принимается редколлегией серии.

9. После принятия редколлегией серии решения о допуске статьи к публикации ответственный секретарь серии информирует об этом автора и указывает сроки публикации.

Текст рецензии направляется автору по электронной почте, факсом или обычным почтовым отправлением.

10. Оригиналы рецензий хранятся в редколлегии серии и редакции «Вестника Балтийского федерального университета им. И. Канта» в течение пяти лет.

Научное издание

ВЕСТНИК
БАЛТИЙСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. И. КАНТА

2020

Серия

Естественные и медицинские науки

№ 3

Редактор *Н. С. Шкутко*. Корректор *В. Н. Ковалев*
Компьютерная верстка *Г. И. Винокуровой*

Подписано в печать 07.09.2020 г.

Формат 70×108 1/16. Усл. печ. л. 10,9

Тираж 1000 экз. (1-й завод 37 экз.). Цена свободная. Заказ

Подписной индекс 94113

Издательство Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
236022, г. Калининград, ул. Гайдара, 6