Check for updates

*Обзоры*

УДК 612.3 + 612.8

EDN RVLGUN
https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-404-423

# Научный путь профессора В. А. Багаева и его вклад в развитие представлений о церебральных механизмах регуляции висцеральных функций

О. А. Любашина ✉[1]

[1] Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, 199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6

***Сведения об авторе***

Ольга Анатольевна Любашина, SPIN-код: 5257-4057, Scopus AuthorID: 6505777191, ResearcherID: A-6241-2017, ORCID: 0000-0002-6296-4628, e-mail: lyubashinaoa@infran.ru

***Для цитирования:*** Любашина, О. А. (2025) Научный путь профессора В. А. Багаева и его вклад в развитие представлений о церебральных механизмах регуляции висцеральных функций. *Интегративная физиология*, т. 6, № 4, с. 404–423. https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-404-423 EDN RVLGUN

***Получена*** 9 июля 2025; прошла рецензирование 7 августа 2025; принята 4 сентября 2025.

***Финансирование:*** Исследование поддержано средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН (№ 1021062411784-3-3.1.8).

***Права:*** © О. А. Любашина (2025). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0.

***Аннотация.*** Виталий Аркадьевич Багаев (13 сентября 1947 г. — 8 февраля 2006 г.) — доктор биологических наук, профессор, известный специалист в области физиологии висцеральных систем. Вся его научная биография была связана с Институтом физиологии им. И. П. Павлова РАН (ранее — АН СССР), в котором он с 1987 года до последних дней жизни руководил лабораторией кортико-висцеральной физиологии. Основным направлением научной деятельности В. А. Багаева было изучение механизмов центральной регуляции висцеральных функций. Им разработана концепция «желудочного центра» продолговатого мозга и определены закономерности функционирования его нейронов в условиях реализации висцеро-висцеральных рефлексов верхних отделов желудочно-кишечного тракта. В результате исследований, выполненных под руководством В. А. Багаева, сформулировано представление о «висцеральном поле» инсулярной лимбической коры и предложена схема его структурно-функциональной организации. Установлен общий механизм реализации влияний кортикальных и субкортикальных образований лимбической системы мозга на рефлекторную деятельность внутренних органов, который опосредован нисходящими проекциями этих структур на специализированные бульбарные вегетативные центры и осуществляется посредством модуляции процессов обработки и проведения в них интероцептивных сигналов. Научное наследие профессора В. А. Багаева признано российским и международным научными сообществами как внесшее существенный вклад в развитие представлений о церебральных механизмах регуляции висцеральных функций и понимание причин возникновения нарушений в работе внутренних органов при неврологических патологиях.

***Ключевые слова:*** Виталий Аркадьевич Багаев, висцеро-висцеральные рефлексы, бульбарный «желудочный центр», «висцеральное поле» инсулярной коры, кортикальная модуляция висцеральных функций

# The scientific path of Prof. Vitaly Bagaev and his contribution to the understanding cerebral mechanisms of visceral regulation

O. A. Lyubashina ✉[1]

[1] Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, 6 Makarova Emb., Saint Petersburg 199034, Russia

***Author***

Olga A. Lyubashina, SPIN: 5257-4057, Scopus AuthorID: 6505777191, ResearcherID: A-6241-2017, ORCID: 0000-0002-6296-4628, e-mail: lyubashinaoa@infran.ru

***For citation:*** Lyubashina, O. A. (2025) The scientific path of Prof. Vitaly Bagaev and his contribution to the understanding cerebral mechanisms of visceral regulation. *Integrative Physiology*, vol. 6, no. 4, pp. 404–423. https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-404-423 EDN RVLGUN

***Received*** 9 July 2025; reviewed 7 August 2025; accepted 4 September 2025.

***Funding:*** The study was supported by the State funding allocated to the Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences (№ 1021062411784-3-3.1.8).

***Copyright:*** © O. A. Lyubashina (2025). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY License 4.0.

***Abstract.*** Vitaly A. Bagaev (September 13, 1947 — February 8, 2006) was a Doctor of Biological Sciences, Professor, and a renowned expert in physiology of visceral systems. His entire scientific career was associated with the Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences (formerly the USSR Academy of Sciences), where from 1987 until the end of his life he headed the Laboratory of Cortico-Visceral Physiology. The principal focus of Prof. Bagaev's research was the central regulation of visceral functions. He developed the concept of the 'gastric center' of the medulla oblongata and elucidated the patterns of its neuronal activity during the execution of viscero-visceral reflexes of the upper gastrointestinal tract. Through investigations conducted under his supervision, the concept of the 'visceral field' of the insular limbic cortex was formulated and a scheme of its structural and functional organization was proposed. In addition, a general mechanism was established whereby cortical and subcortical limbic structures influence the reflex activity of internal organs. This mechanism is mediated by descending projections of these structures to specialized bulbar autonomic centers and is realized through modulation of the processing and transmission of interoceptive signals within those centers. The scientific legacy of Professor V. A. Bagaev is recognized by both Russian and international scientific communities as having made a significant contribution to the understanding of cerebral mechanisms of visceral regulation and to the explanation of visceral disorders arising in neurological pathologies.

***Keywords:*** Vitaly A. Bagaev, viscero-visceral reflexes, bulbar 'gastric center', 'visceral field' of the insular cortex, cortical modulation of visceral functions

## Первые исследования

Виталий Аркадьевич Багаев (рис. 1) родился 13 сентября 1947 года в городе Киеве в семье кадрового военного. В 1954 году он начал учёбу в одной из средних школ города Смоленска, однако в связи с частыми переездами семьи на новые места службы отца был вынужден сменить четыре школы и закончил своё общее образование в средней школе города Приозёрска Карагандинской области Казахской ССР. В 1965 году, сразу после окончания школы, он поступил на первый курс вечернего отделения биологического факультета Харьковского государственного университета. Уже во время учёбы в университете В. А. Багаев получил опыт работы в должности лаборанта в Харьковском научно-исследовательском институте эндокринологии и химии гормонов.

В 1967 году в связи с переездом семьи в город Воронеж он перевёлся на третий курс дневного отделения биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета, где проходил специализацию на кафедре физиологии человека и животных. На этой кафедре В. А. Багаев выполнил своё первое самостоятельное экспериментальное исследование электрической активности нервов вегетативной нервной системы, иннервирующих желудочно-кишечный тракт, при разных функциональных состояниях организма. Результаты исследования были опубликованы в сборнике студенческих работ университета (Багаев, Стадниченко 1970). Свои научные данные он также представлял в докладах на заседаниях студенческого научного кружка, на университетских и городских студенческих научных конференциях. За активное участие в научно-

Рис. 1. Виталий Аркадьевич Багаев (фото из архива лаборатории кортико-висцеральной физиологии Института физиологии им. И. П. Павлова РАН)

Fig. 1. Vitaly A. Bagaev (photo from the archive of the Laboratory of Cortico-Visceral Physiology of the Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences)

исследовательской работе кафедры В. А. Багаев был награждён почётной грамотой и ценным подарком. При этом успешные учёбу и экспериментальную работу он совмещал с общественной деятельностью на факультете и кафедре, являясь профоргом группы.

Уже в студенческий период состоялось знакомство молодого учёного с Институтом физиологии им. И. П. Павлова Российской академии наук (в то время — АН СССР), с которым в последующем будет связана вся его жизнь. В этом институте в лаборатории общей физиологии рецепции В. А. Багаев выполнял дипломную работу на тему «К фармакологической характеристике синаптической передачи в каудальном брыжеечном симпатическом ганглии кошки», руководителями которой были старший научный сотрудник лаборатории, д-р биол. наук, в будущем академик, Александр Данилович Ноздрачев и доцент кафедры физиологии человека и животных биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета П. М. Погорелова. Как было отмечено в характеристике на выпускника Воронежского госуниверситета, подписанной деканом биолого-почвенного факультета профессором А. А. Землянухиным, в своей дипломной работе В. А. Багаев «проявил прекрасное знание теории вопроса и хорошие практические навыки в проведении научных исследований».

## Годы в аспирантуре

По окончании университета в 1970 году В. А. Багаев некоторое время работал учителем биологии в Ленинской средней школе (село Ленино, Липецкая область). Однако уже к концу года он успешно сдал вступительные экзамены и был зачислен в очную аспирантуру Института физиологии им. И. П. Павлова АН СССР (Ленинград) по специальности «физиология человека и животных». Диссертационное исследование, которое являлось дальнейшим развитием его студенческих работ по изучению электрической активности вегетативных нервов, иннервирующих желудок, в разных физиологических условиях, аспирант выполнял в лаборатории кортико-висцеральной физиологии и патологии этого института под руководством заведующего лабораторией д-ра мед. наук, профессора Ивана Терентьевича Курцина, а также заведующего лабораторией физиологии вегетативной нервной системы д-ра биол. наук Александра Даниловича Ноздрачева, который ранее руководил дипломной работой В. А. Багаева. Во время учёбы в аспирантуре В. А. Багаев работал в комсомольской организации института, выступал с докладами на межлабораторном философском семинаре, был культоргом и спорторгом в лаборатории. За активную общественную работу в 1974 году был награждён почётной грамотой.

Исследования лаборатории кортико-висцеральной физиологии и патологии в те годы проводились с помощью методов, разработанных И. П. Павловым, на классическом для павловской школы объекте — собаках. Для выполнения своих экспериментов В. А. Багаеву пришлось осваивать достаточно сложную оперативную технику для вживления регистрирующих электродов в желудочные нервы блуждающего нерва, солнечного сплетения и в большой чревный нерв, а также технику формирования изолированного по методу И. П. Павлова желудочка. Помимо этого, он успешно овладел инновационным для того времени методом регистрации электрической активности нервов желудка, предложенным А. Д. Ноздрачевым (Ноздрачев 1966a; 1966b), с одновременным изучением желудочной секреции в условиях хронического опыта на бодрствующих собаках.

Впоследствии В. А. Багаев вспоминал этот период как достаточно трудный, полный как окрыляющих успехов, так и подавляющих волю неудач. Тем не менее, благодаря упорству и целеустремлённости в своём аспирантском исследовании, он получил одни из первых доказательств

 https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-404-423

способности желудочных афферентов блуждающего нерва, большого чревного нерва и солнечного сплетения отражать в своей электрической активности интрагастральные изменения кислотности, сопровождающие процесс секреции желудочного сока во время еды (Багаев и др. 1975a; 1975b). Выявленная связь между секрецией в желудке и активностью его афферентов открыла новый аспект в регуляции его деятельности, который существенно корректировал используемые в то время терапевтические и хирургические методы лечения желудка и подходы в диетологии. При этом была показана специфика изменений афферентного импульсного потока в разных нервах во время секреторного процесса, определяемая иннервируемыми ими участками слизистой оболочки желудка, и установлена ведущая роль в контроле желудочного сокоотделения афферентных волокон блуждающего нерва (Багаев и др. 1975b; 1976). Исследования В. А. Багаева (в соавторстве с И. Т. Курциным) в 1975 году были отмечены второй премией на институтском конкурсе научных работ. Полученные в них данные легли в основу диссертации В. А. Багаева на соискание учёной степени кандидата биологических наук на тему «Афферентная активность в вагусных и симпатических нервных стволах желудка в связи с развитием секреторного процесса» (Багаев 1976), которую он успешно защитил в декабре 1976 года в Институте физиологии им. И. П. Павлова АН СССР.

## Научная работа в лаборатории кортико-висцеральной физиологии и патологии

После окончания аспирантуры В. А. Багаев продолжил научную работу в должности младшего научного сотрудника в уже ставшей для него родной лаборатории кортико-висцеральной физиологии и патологии, возглавляемой профессором И. Т. Курциным (рис. 2). Его последующая экспериментальная работа была направлена на изучение связи между секреторной функцией желудка и электрической активностью желудочных нервов при эмоциональном стрессе

Рис. 2. Сотрудники лаборатории кортико-висцеральной физиологии и патологии Института физиологии им. И. П. Павлова АН СССР. В первом ряду в центре — заведующий лабораторией профессор И. Т. Курцин. Во втором ряду первый справа — В. А. Багаев (фото из архива Института физиологии им. И. П. Павлова РАН)

Fig. 2. Stuff of the Laboratory of Cortico-Visceral Physiology and Pathology of the Pavlov Institute of Physiology of the USSR Academy of Sciences. First row, center: Head of the Laboratory, Prof. I. T. Kurtsin. Second row, first from right: V. A. Bagaev (photo from the archive of the Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences)

(столкновении пищевого и оборонительного рефлексов — сшибке по И. П. Павлову) и развивающемся после него экспериментальном неврозе. Было установлено, что эмоциональный стресс не только изменяет характер желудочной секреции, но и приводит к дезинтеграции секреторной активности желудка и афферентной импульсации в желудочных ветвях блуждающего нерва и в большом чревном нерве. Такая дезинтеграция свидетельствовала о постстрессорном нарушении способности рецепторного аппарата желудка адекватно реагировать на развивающийся в нем секреторный процесс, которое может приводить к искажённой афферентной сигнализации от органа к структурам головного мозга, способствуя развитию стресс-вызванной психосоматической патологии. Результаты этого исследования В. А. Багаева вошли в коллективную монографию сотрудников лаборатории (Беллер и др. 1980), которую после смерти И. Т. Курцина в 1976 году возглавил д-р мед. наук Николай Николаевич Беллер. В ходе выполнения экспериментальных исследований В. А. Багаев также усовершенствовал конструкцию электродов, метод их вживления и технику для регистрации электрической активности вегетативных нервов в хроническом эксперименте, разработав новую модификацию этой методики (Багаев, Ноздрачев 1980; Nozdrachev, Bagaev 1983).

В этот период В. А. Багаев также активно участвовал в изучении характера желудочной секреции в разные сроки после перерезок поддиафрагмальных ветвей блуждающего нерва на разных уровнях, которое было направлено на физиологическое обоснование ваготомий разного типа, применяемых в клинике при хирургическом лечении язвенных болезней желудка и двенадцатиперстной кишки. В хронических опытах на собаках с изолированными, по Павлову и Гейденгайну, желудочками и фистулами желудка, по Басову, было установлено, что при проксимальной селективной ваготомии, в условиях которой денервированы кислотопродуцирующие отделы желудка, но сохранены антральные желудочные ветви блуждающего нерва, снижение кислотности и количества сока в желудке более выражено, чем при селективной ваготомии, при которой пересекаются все желудочные ветви вагуса (Матросова и др. 1981). Помимо значения этих данных для клиники, они служили подтверждением ведущей роли антральных ветвей блуждающего нерва в механизмах, подавляющих секрецию кислого желудочного сока. Кроме того, в ходе длительных наблюдений за оперированными собаками (от 6–8 месяцев до двух лет) были определены три фазы поствaготомических изменений желудочного сокоотделения: фаза угнетения (с первых дней до двух месяцев после операции), фаза восстановления (от двух до пяти месяцев) и фаза относительной стабилизации, проявляющаяся спустя пять и более месяцев после ваготомии (Матросова, Багаев 1982). Полученные данные объясняли возникновение рецидивов язвенной болезни в отсроченные периоды после ваготомии и способствовали пониманию механизмов развития постоперационных расстройств функций желудочно-кишечного тракта.

## Административная работа и руководство лабораторией

В последующие за этим годы у В. А. Багаева не было возможности полностью посвящать себя экспериментальной работе. В 1983 году он был назначен на должность учёного секретаря Института физиологии им. И. П. Павлова АН СССР. В этой должности он провёл большую работу по совершенствованию планирования научных исследований в институте и организации выполнения программ государственного задания. Помимо этого, он способствовал организации конференций и совещаний, в том числе городского уровня, был председателем правления первичной организации общества «Знание» в институте, выступал с лекциями о достижениях физиологии и организовывал экскурсионную работу, участвовал в работе методологического семинара учёного совета института. За успешное выполнение планов научно-исследовательских работ института и за научно-организационную деятельность В. А. Багаев был неоднократно премирован по ходатайству Ленинградского научного центра АН СССР.

Способность самостоятельно решать сложные научно-организационные вопросы, продемонстрированная В. А. Багаевым в должности учёного секретаря, послужила одним из оснований для назначения его на должность заместителя директора Института физиологии им. И. П. Павлова АН СССР по научной работе, которую он занимал с января 1986 года по февраль 1990 года. Постановлением Бюро Отделения физиологии АН СССР за плодотворную работу в этой должности в январе 1990 года ему была объявлена благодарность. Между тем этот период, совпавший с серьёзными кадровыми перестановками в институте, болезненно отражавшимися на его сотрудниках, оставил негативный след в памяти В. А. Багаева как время, когда ему приходилось сообщать подчинённым

 https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-404-423

о неприятных для них решениях администрации. В эти дни он всё больше тяготился административной работой и стремился вернуться к столь любимым им научным исследованиям.

В июне 1986 года, когда В. А. Багаев только начал работать в должности заместителя директора института, на него было возложено исполнение обязанностей заведующего лабораторией кортико-висцеральной физиологии и патологии в связи с выходом на пенсию её прежнего руководителя Н. Н. Беллера. С этого времени началась новая эпоха в истории лаборатории, которая стала называться «лаборатория кортико-висцеральной физиологии» и развитие исследований в которой всё больше поглощало В. А. Багаева. В феврале 1990 года он ушёл с поста заместителя директора института на должность заведующего лабораторией, чтобы полностью посвятить себя науке.

При определении направления работы лаборатории В. А. Багаев отошёл от популярного среди основоположников теории кортико-висцеральных взаимоотношений представления о приоритете коры головного мозга в центральной регуляции висцеральных функций, которое оставляло в стороне базовые уровни висцеральной регуляции, в частности локализованные в продолговатом мозге. В своих работах и выступлениях он неоднократно цитировал высказывание академика Владимира Николаевича Черниговского, который писал: «...законно предположить, что кора больших полушарий, не выполняя функций автоматической регулирующей системы и даже системы следящей, может осуществлять влияние на отдельные саморегулирующиеся «блоки» физиологических систем» (Черниговский 1969, 907). Один из важнейших аспектов в дальнейшем развитии кортико-висцеральной физиологии В. А. Багаев видел в изучении малоисследованных на тот период механизмов влияния кортикальных импульсов на процессы регуляции деятельности внутренних органов, реализующиеся с участием таких «саморегулирующихся блоков», ключевыми из которых являются специализированные вегетативные центры продолговатого мозга.

## Концепции бульбарного «желудочного центра»

Планируя исследования кортико-бульбарных влияний в связи с регуляцией функций висцеральных систем, он столкнулся с очевидным дефицитом знаний о базовых бульбарных механизмах, обеспечивающих рефлекторную деятельность желудочно-кишечного тракта, которые были изучены гораздо хуже, чем бульбарная регуляция функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем (Багаев 1996). В связи с этим первоначально усилия лаборатории под руководством В. А. Багаева были направлены на решение указанной проблемы и в итоге привели к обоснованию им положения о «желудочном центре» продолговатого мозга как популяции сенсорных, вставочных и моторных нейронов ядер блуждающего нерва (или вагосолитарного комплекса), принимающих участие в реализации собственных (обеспечиваемых системой блуждающего нерва или ваго-вагальных) рефлекторных реакций желудка и тонкой кишки (Багаев 1996; Багаев и др. 1997). Эта концепция легла в основу диссертации В. А. Багаева на соискание учёной степени д-ра биол. наук на тему «Структурно-функциональная организация бульбарных “желудочных” нейронов», которую он блестяще защитил в 1996 году (Багаев 1996), а также подготовленной им в соавторстве с А. Д. Ноздрачевым монографии «Ваго-вагальная рефлекторная дуга. Элементы структурно-функциональной организации» (Багаев и др. 1997).

Данная концепция базировалась на полученных в лаборатории данных о существовании в ядре одиночного тракта и дорсальном моторном ядре блуждающего нерва так называемых афферентных и эфферентных бульбарных «желудочных» нейронов (Багаев и др. 1997). Изначально в средней ростроказудальной части дорсального моторного ядра блуждающего нерва кошки нейроанатомическими и электрофизиологическими методами была идентифицирована область, которая содержит преганглионарные парасимпатические нейроны, иннервирующие разные отделы желудка и тонкой кишки, и было доказано, что у кошки изученное ядро является единственной областью локализации таких нейронов (Багаев 1996). При этом в совместных исследованиях с лабораторией морфологии ЦНС, возглавляемой Ф. Н. Макаровым, с помощью техники ретроградного аксонального транспорта пероксидазы хрена была установлена висцеротопическая организация дорсального моторного ядра (рис. 3), при которой ростроказудально ориентированные группы (колонки) нейронов, иннервирующие стенку желудка (от кардии до пилорического сфинктера) локализованы билатерально в медиальной и дорсомедиальной частях ядра, к ним дорсомедиально примыкают клетки, посылающие аксоны к верхней части двенадцатиперстной кишки, а вентролатерально расположены нейроны, иннервирующие тонкую кишку

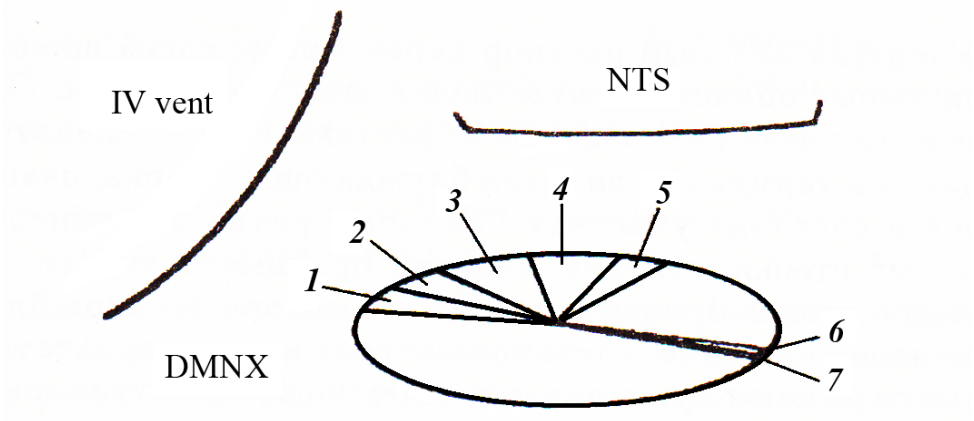


Рис. 3. Локализация в дорсальном моторном ядре блуждающего нерва нейронов, посылающих аксоны к разным частям желудочно-кишечного тракта (на схеме фронтального среза продолговатого мозга кошки). IV vent — 4-й желудочек, NTS — ядро одиночного тракта, DMNX — дорсальное моторное ядро. Каждый сектор на схеме соответствует месту расположения нейронов, иннервирующих: 1 — кардиальную часть желудка, 2 — среднюю треть желудка, 3 — антральную часть желудка, 4 — пилорический сфинктер, 5 — верхнюю часть двенадцатиперстной кишки, 6 — область дуоденоеюнального перехода, 7 — верхнюю часть тощей кишки (Багаев и др. 1997, 112)

Fig. 3. Localization of neurons projecting to different regions of the gastrointestinal tract within the dorsal motor nucleus of the vagus nerve (schematic frontal section of the cat medulla oblongata). IV vent — 4th ventricle, NTS — nucleus of the solitary tract, DMNX — dorsal motor nucleus. Each sector corresponds to the neurons innervating: 1 — cardiac part of the stomach, 2 — middle third of the stomach, 3 — antral part of the stomach, 4 — pyloric sphincter, 5 — upper part of the duodenum, 6 — duodenojejunal junction, 7 — upper part of the jejunum (Bagaev et al. 1997, 112)

в области связки Трейтца и начало тощей кишки (Багаев и др. 1989; 1991; 1992; 1993; Багаев, Макаров 1997). С помощью оригинальной электрофизиологической методики была осуществлена антидромная идентификация преганглионарных нейронов дорсального моторного ядра блуждающего нерва кошки с аксонами в составе его желудочных ветвей и доказана возможность моносинаптической активации таких нейронов желудочными С-афферентами вагуса (Багаев, Копылов 1993; Копылов и др. 1991).

Было установлено, что локальная электрическая стимуляция идентифицированных преганглионарных клеток изучавшегося ядра сопровождается выраженными изменениями в частоте медленных волн и спайк-потенциалов в стенках пилоро-антральной области желудка и двенадцатиперстной кишки, которые являются электрофизиологическими коррелятами их моторной активности, но не влияет на частоту сердечных сокращений и уровень артериального давления (Багаев и др. 1990; 1997). Были получены свидетельства в пользу того, что участие двойного ядра в регуляции желудочной моторики опосредовано преганглионарными «желудочными» нейронами дорсального моторного ядра блуждающего нерва (Багаев и др. 1997; Копылов, Смирнов 1991). Кроме того, в хронических опытах на бодрствующих собаках была продемонстрирована связь между динамикой эфферентной импульсации в желудочной ветви блуждающего нерва (в нерве Латарже) и паттерном миоэлектрической активности желудка (Багаев и др. 1997). В своей совокупности эти экспериментальные данные позволили В. А. Багаеву сформулировать представление о специализированной «желудочной области» дорсального моторного ядра блуждающего нерва, которая может рассматриваться как эфферентное звено бульбарного центра регуляции моторной активности верхней части желудочно-кишечного тракта (Багаев 1996; Багаев и др. 1997).

В свою очередь, в средней ростракаудальной части ядра одиночного тракта (область комиссурального подъядра) сотрудниками лаборатории под руководством В. А. Багаева были обнаружены две группы нейронов, реагирующих на электрораздражение центральных отрезков желудочных ветвей блуждающего нерва и механическую стимуляцию желудка фазными разрядами или тоническим снижением, либо повышением частоты импульсации (Пантелеев и др. 1989; 1990; 1991). Группы нейронов с фазными или тоническими реакциями были отнесены соответственно к входным висцеросенсорным клеткам и интернейронам, которые

 https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-404-423

могут рассматриваться в качестве компонентов афферентного звена в системе бульбарной регуляции моторной функции верхних отделов желудочно-кишечного тракта (Багаев и др. 1997; Багаев, Пантелеев 1996) (рис. 4). Таким образом, были раскрыты неизвестные ранее принципы бульбарной регуляции рефлекторной деятельности верхних отделов желудочно-кишечного тракта. Полученные знания о функционировании «желудочного центра» как одного из базовых «саморегулирующихся блоков» позволили вплотную подойти к изучению закономерностей влияния на него иерархически более сложных структур головного мозга, как кортикальных, так и субкортикальных.

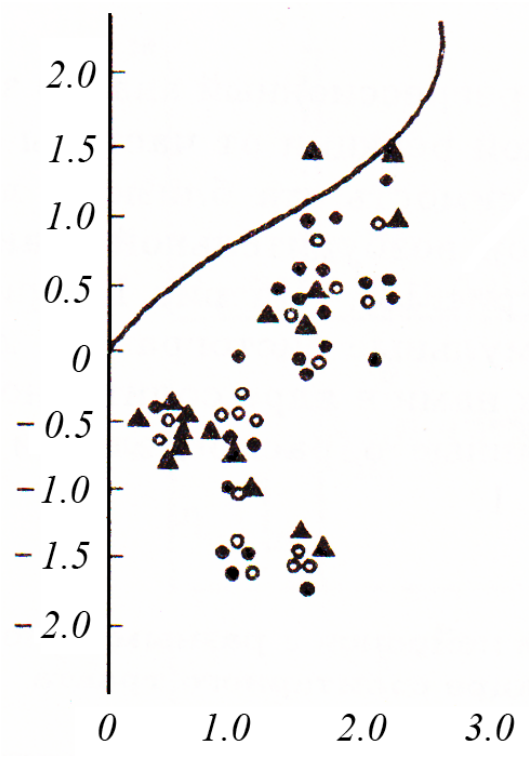


Рис. 4. Локализация в правом ядре солитарного тракта нейронов с разными типами ответов на стимуляцию блуждающего нерва. Чёрные треугольники — нейроны с фазными ответами, чёрные кружочки — нейроны с тонической возбудительной реакцией, белые — с тонической тормозной реакцией. Цифры слева и под рисунком — расстояния в мм. 0 — уровень задвижки (Багаев и др. 1997, 58)

Fig. 4. Localization of neurons exhibiting different responses to vagus nerve stimulation within the right nucleus of the solitary tract. Black triangles — neurons with phasic responses; black circles — neurons with tonic excitatory responses; white circles — neurons with tonic inhibitory responses. Numbers on the left and below indicate distances in mm. 0 corresponds to the level of the obex (Bagaev et al. 1997, 58)

## Механизм кортикальной модуляции висцеральных рефлексов и «висцеральное поле» инсулярной коры

В последующие годы под руководством д-ра биол. наук В. А. Багаева было выполнено нейрофизиологическое исследование влияний передней лимбической коры у кошек и крыс на активность нейронов бульбарного «желудочного центра», позволившее установить один из механизмов кортикальной модуляции моторной деятельности желудка. Было показано, что электростимуляция инфралимбической области передней лимбической коры оказывает преимущественно тормозное действие на рефлекторную релаксацию желудка, вызываемую раздражением центрального отрезка блуждающего нерва (Пантелеев, Ноздрачев 1998; Panteleev, Grundy 2000). Посредством нейрофизиологического анализа было определено, что этот эффект является следствием подавляющего и активирующего действия инфралимбической коры на реакции нейронов «желудочных областей» ядра одиночного тракта и дорсального моторного ядра блуждающего нерва в ответ на раздражение вагусных афферентов, т. е. результатом торможения или облегчения передачи висцеросенсорных импульсов в системе нейронов бульбарного «желудочного центра» (Багаев, Пантелеев 1995; Bagaev, Panteleev 1994). При этом, как было установлено, тормозные кортикальные входы преимущественно адресованы нейронам ядра одиночного тракта, в котором они могут генерализованно подавлять возбудимость клеток или селективно снижать эффективность отдельных висцеросенсорных входов (Багаев и др. 1997; Пантелеев и др. 1997; 2004). Таким образом, были впервые получены экспериментальные доказательства в пользу способности передней лимбической коры изменять рефлекторную деятельность внутренних органов, модулируя активность висцеросенсорных нейронов специализированного бульбарного вегетативного центра (рис. 5). Так был открыт один из конкретных нейрофизиологических механизмов участия коры головного мозга в процессах регуляции висцеральных функций.

Возможность реализации такого механизма была в дальнейшем установлена также для инсулярной области коры. В V слое вентрального (дисгранулярного) поля этой кортикальной области у крыс были обнаружены компактные группы пирамидных нейронов, являющиеся источниками прямых нисходящих проекций к «желудочной области» ваго-солитарного комплекса (Александров и др. 1996а; Aleksandrov

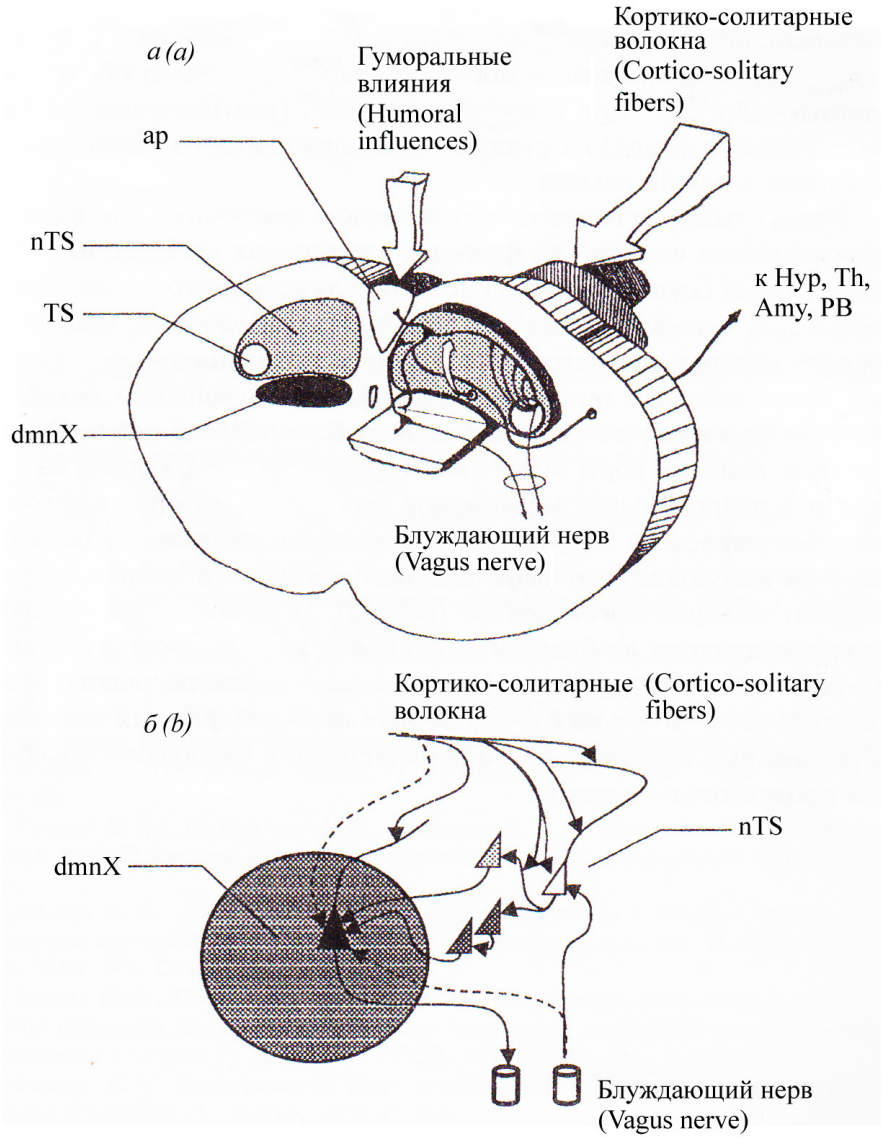


Рис. 5. Схема предполагаемого механизма кортикальной модуляции ваго-вагальных рефлексов (a) и возможная структурная организация бульбарного звена ваго-вагального моторного рефлекса желудка и кортикального входа в него (b). Светло-серые и тёмно-серые нейроны — тормозные и возбуждающие интернейроны соответственно, белые — «входные» для висцеросенсорной и кортикальной импульсации; ap — area postrema, dmnX — дорсальное моторное ядро блуждающего нерва, nTS — ядро одиночного тракта, TS — одиночный тракт; прерывистые линии — предполагаемые связи (Пантелеев и др. 2004, 179; с изменениями, указанными в скобках)

Fig. 5. Schematic representation of the proposed mechanism of cortical modulation of vago-vagal reflexes (a) and the possible structural organization of the bulbar component of the gastric vago-vagal motor reflex, including its cortical input (b). Light gray and dark gray neurons — inhibitory and excitatory interneurons, respectively; white neurons — 'input neurons' for viscerosensory and cortical impulses; ap — area postrema; dmnX — dorsal motor nucleus of the vagus nerve; nTS — nucleus of the solitary tract; TS — solitary tract. Dashed lines indicate putative connections (Panteleev et al. 2004, 179; with modifications as indicated in parentheses)

et al. 1996b). На анестезированных крысах было показано, что электрическая микростимуляция этой кортикальной зоны преимущественно вызывает снижение тонуса желудочной стенки и увеличивает длительность реакции релаксации желудка, вызываемой активацией афферентного звена ваго-вагальной рефлекторной дуги (Багаев, Александров 2000; Aleksandrov et al. 1996b). В свою очередь, в хронических экспериментах на бодрствующих собаках была продемонстрирована способность инсулярной коры пролонгировать тормозный антро-фундальный гастро-гастральный рефлекс, который реализуется с участием системы блуждающего нерва

 https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-404-423

(Александров 1992; Бусыгина и др. 2009). Результаты этих и последующих исследований свидетельствовали о несостоятельности господствовавшего в то время представления об инсулярной области коры как висцеросенсорной, поскольку продемонстрировали существование в ней эфферентных представительств не только желудочно-кишечного тракта, но также дыхательной и сердечно-сосудистой систем, зоны которых были топически организованы (Александров, Александрова 1998; Багаев, Александров 2000; Aleksandrov et al. 2000). В итоге было сформулировано представление о «висцеральном» поле инсулярной коры и предложена схема его организации (Багаев, Александров 2000; Bagaev, Aleksandrov 2006) (рис. 6). Эти новые знания внесли существенный вклад в теорию кортико-висцеральных взаимоотношений и теоретические основы психосоматической медицины, расширив имеющиеся в то время представления об источниках и путях реализации кортикальных влияний на висцеральные системы.

## Амигдалофугальная модуляция моторной функции желудочно-кишечного тракта

Разработанная В. А. Багаевым концепция «желудочного центра» продолговатого мозга была положена в основу ещё одного развиваемого им направления исследований, которое было посвящено механизмам участия в центральной регуляции висцеральных функций одной из ключевых субкортикальных лимбических структур — амигдалы. Исходно были получены экспериментальные доказательства участия этой структуры в модуляции моторной деятельности верхних отделов желудочно-кишечного тракта, регулируемой системой блуждающего нерва. Так в хронических экспериментах на бодрствующих собаках были продемонстрированы эффекты электрической стимуляции центрального ядра амигдалы и инъекций в него нейропептида бомбезина на периодичность появления и длительность фаз мигрирующего миоэлектрического комплекса желудка и двенадцатиперстной кишки (Бусыгина 1992; Бусыгина и др. 1990), в формировании которых было установлено участие вагальных эфферентов (Багаев и др. 1997).

В свою очередь, в опытах на анестезированных крысах электрическая стимуляция центрального ядра амигдалы вызывала разнонаправленные изменения тонуса стенки желудка и оказывала подавляющие или усиливающие влияния на реакцию релаксации желудка, инициируемую раздражением центрального отрезка блуждающего нерва в шейном отделе (Любашина, Ноздрачев 1999; Liubashina et al. 2002). Эти данные указывали на потенциальную способность амигдалы влиять на деятельность желудочно-кишечного тракта через связи с «желудочным центром» ваго-солитарного комплекса. И действительно, в нейроанатомических исследованиях были впервые продемонстрированы прямые нисходящие проекции центрального ядра амигдалы крыс к ядрам блуждающего нерва, которые были преимущественно адресованы медиальному и мелкоклеточному подъядрам ядра одиночного тракта и дорсомедиальной

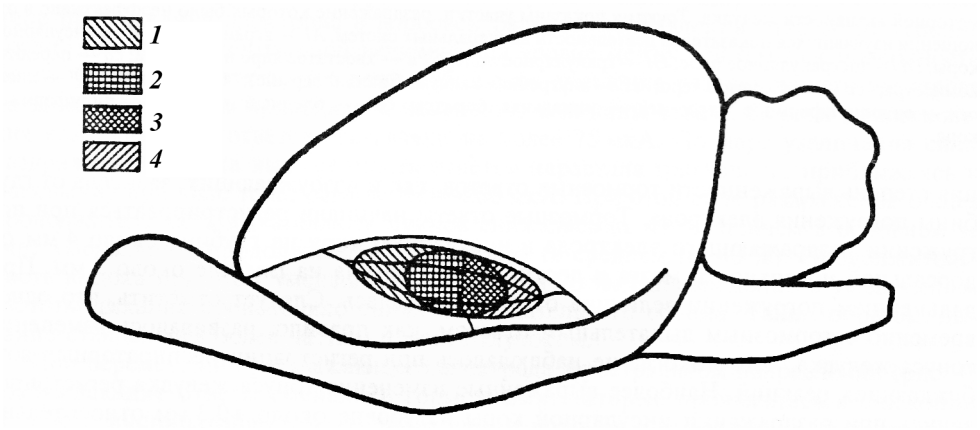


Рис. 6. Гипотетическая схема организации висцерального поля инсулярной области коры мозга крыс. 1 — область представительства желудочно-кишечного тракта, 2 и 3 — соответственно тормозная и возбуждающая зоны респираторной области, 4 — область представительства сердечно-сосудистой системы (Багаев, Александров 2000, 1518)

Fig. 6. Hypothetical organization of the visceral field of the insular cortex in the rat. 1 — gastrointestinal representation zone; 2 and 3 — inhibitory and excitatory zones, respectively, of the respiratory region; 4 — cardiovascular representation zone (Bagaev, Aleksandrov 2000, 1518)

части дорсального моторного ядра — областям локализации афферентных и эфферентных «желудочных» нейронов (Любашина 2002; Liubashina et al. 2002). В качестве основного источника этих проекций была определена дорсальная область медиальной части центрального ядра (Liubashina et al. 2000), электростимуляция которой в предыдущих исследованиях оказывала наиболее выраженное, преимущественно подавляющее действие на ваго-вагальную рефлекторную релаксацию желудка (Любашина, Ноздрачев 1999). Нейрофизиологический анализ показал, что ведущим следствием активации этой области центрального ядра амигдалы является генерализованное торможение реакций нейронов в «желудочных областях» ядра одиночного тракта и дорсального моторного ядра на раздражение центрального отрезка блуждающего нерва или селективное подавление отдельных компонентов таких ответов (Любашина 2002; Liubashina et al. 2002).

В своей совокупности экспериментальные данные, полученные в период работы лаборатории под руководством В. А. Багаева, впервые доказали, что общим механизмом участия в процессах висцеральной регуляции не только передней лимбической и инсулярной областей коры, но также центральной амигдалы и, возможно, других подкорковых образований являются непосредственные влияния этих структур на ядра ваго-солитарного комплекса, модуляция процессов обработки и проведения в них интероцептивных сигналов и, как следствие, изменение замыкающихся в их пределах ваго-вагальных висцеральных рефлексов. Помимо существенного вклада в понимание путей и механизмов реализации влияний переднего мозга на работу внутренних органов, эти данные имели практическое значение в контексте прогнозирования и анализа причин возникновения нарушений в висцеральной сфере, возникающих вследствие нейрохирургических операций, инсультов, развития эпилепсии, нейродегенеративных и психоэмоциональных заболеваний, вовлекающих изученные лимбические структуры.

## Научное признание

Научные труды В. А. Багаева были высоко оценены и получили широкое признание, включая международное. Проводимые им исследования были поддержаны грантами Российского фонда фундаментальных исследований, Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук, Министерства образования и науки Российской Федерации, Международного научного фонда (International Science Foundation, USA), Международного научного фонда и Правительства Российской Федерации, Немецкой службы академических обменов (DAAD). Им было подготовлено несколько докторов и кандидатов биологических наук — представителей его научной школы (Е. В. Копылов, С. С. Пантелеев, О. А. Любашина, В. Г. Александров). В 2003 году решением Высшей аттестационной комиссии В. А. Багаеву было присвоено учёное звание профессора по специальности «физиология». Он являлся заместителем председателя проблемной комиссии по физиологии вегетативной нервной системы Научного совета РАН по физиологическим наукам, был избран членом-корреспондентом Российской академии естественных наук (РАЕН), был многолетним членом Российского физиологического общества и членом Международной организации по изучению мозга (IBRO). В 2004 году профессор В. А. Багаев был избран президентом исполнительного комитета международной ассоциации CIANS (Collegium Internationale Activitatis Nervosae Superioris) и возглавлял организационный комитет конференции CIANS, который проходил в Институте физиологии им. И. П. Павлова в Санкт-Петербурге (рис. 7).

В последние годы своей жизни профессор В. А. Багаев направил исследования лаборатории кортико-висцеральной физиологии на экспериментальную разработку развивавшегося тогда представления о «центральной вегетативной нервной сети» как об интегративном компоненте головного мозга, включающем в себя кортикальные области, а также подкорковые переднемозговые и стволовые структуры, непосредственно вовлечённые в формирование висцеромоторных и нейроэндокринных компонентов жизненно важных поведенческих реакций (Benarroch 1993). В рамках этой концепции проводилось детальное изучение структурно-функциональной организации амигдалофугальных проекций на висцеральные области коры, вегетативные центры гипоталамуса и ствола мозга с целью определения нейрональных и нейрохимических механизмов, обеспечивающих участие разных ядер и областей амигдалы в центральной регуляции висцеральных функций (Любашина, Ицев 2006). В этот же период коллектив лаборатории приступил к изучению механизмов модуляции нейронных систем переднего мозга интероцептивными импульсами и выяснению нейрофизиологических процессов, лежащих в основе терапевтического действия стимуляции блуждающего нерва при эпилепсии

 https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-4-404-423

Рис. 7. Профессор В. А. Багаев и доктор Ф. Ягла (Братислава, Словакия) на открытии конференции международной ассоциации CIANS, которая проходила в 2004 году в Санкт-Петербурге (фото из архива CIANS. Источник: https://www.cians.org/CIANS%20History.pdf )

Fig. 7. Prof. V. A. Bagaev and Dr. F. Jagla (Bratislava, Slovakia) at the opening of the CIANS international conference, held in Saint Petersburg in 2004 (photo from the CIANS archive. URL: https://www.cians.org/CIANS%20History.pdf)

и других неврологических заболеваниях (Ошарина и др. 2004). Было положено начало исследованиям спинального и бульбарного центров, обеспечивающих парасимпатическую иннервацию разных отделов толстой кишки у кошек и крыс (Дорофеева и др. 2006). Благодаря активной работе В. А. Багаева по поиску и развитию международных научных контактов, эти проекты осуществлялись в сотрудничестве с ведущими зарубежными специалистами из Бельгии, Болгарии, Великобритании, Германии, Канады, Словакии, Финляндии, Франции в ходе зарубежных командировок сотрудников лаборатории, для которых он всегда старался изыскать возможности. Однако в связи со скоропостижной кончиной профессора В. А. Багаева 8 февраля 2006 года его обширным планам по дальнейшему развитию исследований в лаборатории кортико-висцеральной физиологии не суждено было сбыться, а значительная часть результатов задуманных им экспериментальных работ была опубликована уже после его смерти (Дорофеева и др. 2007; Любашина и др. 2009; Любашина, Ноздрачев 2008; 2010; Lyubashina, Panteleev 2009; Osharina et al. 2006).

Для сотрудников лаборатории В. А. Багаев был не только научным лидером и вдохновителем, но и в личном плане очень заботливым и внимательным руководителем, всемерно содействовавшим профессиональному и карьерному росту своих подчинённых, шедшим навстречу и помогавшим тем, кто оказался в трудной жизненной ситуации. В своей помощи и поддержке он был абсолютно бескорыстен, а успехам и удачам сотрудников радовался гораздо больше, чем своим собственным. Для молодёжи В. А. Багаев всегда был примером настоящего, увлеченного своим делом учёного, заражавшим окружающих энтузиазмом, оптимистическим настроем и исследовательским азартом даже в наиболее трудные для отечественной науки годы.

Научное наследие В. А. Багаева до настоящего времени остаётся актуальным и востребованным. Его труды цитируют специалисты мирового уровня в разных областях (Bonaz et al.

2017; Gillis et al. 2022; Hashimoto et al. 2015; He, Ai 2016; Shiratori et al. 2024; Zhao et al. 2020). Открытые профессором Багаевым и его учениками принципы структурно-функциональной организации бульбарного «желудочного центра», «висцерального поля» инсулярной коры, механизмы реализации кортико- и амигдалофугальных влияний на деятельность желудочно-кишечного тракта и модуляции активности лимбических структур мозга интероцептивными сигналами объясняют ключевые аспекты функционирования оси «кишка — мозг — кишка», исследования которой в норме и при разных видах патологии в настоящее время являются одним из ведущих направлений биомедицинской науки (Новикова и др. 2024; Petrut et al. 2025; Tome et al. 2023). Эти знания, а также заложенные В. А. Багаевым подходы и традиции в изучении церебральных механизмов регуляции висцеральных функций являются основой для текущих исследований лаборатории кортико-висцеральной физиологии Института физиологии им. И. П. Павлова РАН, направленных на выяснение супраспинальных механизмов висцеральной боли (Любашина и др. 2021a; 2021b; Пантелеев и др. 2020; Lyubashina, Sivachenko 2024; Lyubashina et al. 2018; 2022; Panteleev et al. 2021).

## Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

## Conflict of Interest

The author declares that there is no conflict of interest, either existing or potential.

## Литература


Александров, В. Г. (1992) Динамика фаз мигрирующего миоэлектрического комплекса после раздражения висцерального поля лимбической коры. *Физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 78, № 1, с. 67–71.

Александров, В. Г., Александрова, Н. П. (1998) Респираторные эффекты локального раздражения инсулярной коры головного мозга крысы. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 84, № 4, с. 316–322.

Александров, В. Г., Багаев, В. А., Ноздрачев, А. Д., Пантелеев, С. С. (1996a) Локализация в инсулярной коре нейронов, посылающих аксоны к «желудочной» области ваго-солитарного комплекса. *Доклады Академии наук*, т. 347, № 1, с. 129–132.

Багаев, В. А. (1976) *Афферентная активность в вагусных и симпатических нервных стволах желудка в связи с развитием секроторного процесса. Автореферат диссертации на соискание степени кандидата биологических наук*. Л., Институт физиологии им. И. П. Павлова АН СССР, 20 с.

Багаев, В. А. (1996) *Структурно-функциональная организация бульбарных «желудочных» нейронов. Автореферат диссертации на соискание степени доктора биологических наук*. СПб., Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, 38 с.

Багаев, В. А., Александров, В. Г. (2000) Висцеральное поле инсулярной области коры мозга крыс. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 86, № 11, с. 1512–1520.

Багаев, В. А., Копылов, Е. В. (1993) Исследование нейронной организации «желудочной» области дорсального моторного ядра блуждающего нерва. *Нейрофизиология*, т. 1, № 3, с. 190–196.

Багаев, В. А., Копылов, Е. В., Смирнов, С. И. (1990) Эффекты электростимуляции разных участков дорсального моторного ядра блуждающего нерва на электрическую активность стенки желудка. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 76, № 4, с. 492–501.

Багаев, В. А., Курцин, И. Т., Ноздрачев, А. Д. (1975a) Восприятие секреторного процесса рецепторным аппаратом слизистой оболочки желудка. *Доклады Академии наук СССР*, т. 220, № 2, с. 489–492.

Багаев, В. А., Курцин, И. Т., Ноздрачев, А. Д. (1976) Афферентная активность в симпатических нервных ветвях желудка и его секреторная деятельность. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 62, № 4, с. 594–602.

Багаев, В. А., Макаров, Ф. Н. (1997) Дорсальное моторное ядро блуждающего нерва и его роль в иннервации пищеварительного тракта. *Морфология*, т. 111, № 1, с. 7–14.

Багаев, В. А., Макаров, Ф. Н., Рыбаков, В. Л. и др. (1989) Локализация нейронов в дорсальном двигательном ядре блуждающего нерва, иннервирующих пилорическую область желудка. *Доклады Академии наук СССР*, т. 304, № 4, с. 935–937.

Багаев, В. А., Макаров, Ф. Н., Рыбаков, В. Л. и др. (1991) Локализация нейронов, иннервирующих верхнюю часть двенадцатиперстной кишки, в дорсальном моторном ядре блуждающего нерва. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 77, № 1, с. 45–52.

Багаев, В. А., Ноздрачев, А. Д. (1980) Модификация методики регистрации электрической активности вегетативных нервных проводников в условиях хронического эксперимента. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 66, № 12, с. 1850–1853.

Багаев, В. А., Ноздрачев, А. Д., Курцин, И. Т. (1975b) Афферентные реакции в желудочных ветвях блуждающего нерва в связи с развивающимся секреторным процессом. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 61, № 9, с. 1359–1366.

Багаев, В. А., Ноздрачев, А. Д., Пантелеев, С. С. (1997) *Ваго-вагальная рефлекторная дуга. Элементы структурно-функциональной организации*. СПб.: Изд-во СПбГУ, 204 с.

Багаев, В. А., Пантелеев, С. С. (1995) Эффекты стимуляции лимбической коры на ответы нейронов ядер ваго-солитарного комплекса, вызванные раздражением блуждающих нервов. *Доклады Академии наук*, т. 340, № 4, с. 555–558.

Багаев, В. А., Пантелеев, С. С. (1996) Афферентное звено в системе бульбарной регуляции моторной функции желудка. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 82, № 5–6, с. 121–131.

Багаев, В. А., Стадниченко, Л. И. (1970) О роли желудочных волокон блуждающего нерва в формировании ощущения голода. В кн.: *Сборник студенческих работ. Вып. 3. Естественные науки*. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, с. 98–103.

Багаев, В. А., Филлипова, Л. В., Акоев, Г. Н., Макаров, Ф. Н. (1992) Экстраорганные источники парасимпатической иннервации тонкой кишки в области связки Трейтца. *Нейрофизиология*, т. 24, № 4, с. 423–430.

Багаев, В. А., Филлипова, Л. В., Макаров, Ф. Н. (1993) Морфологические особенности парасимпатической иннервации пилорического сфинктера у кошки. *Морфология*, т. 104, № 5–6, с. 34–38.

Беллер, Н. Н., Болондинский, В. К., Захаржевский, В. Б. и др. (1980) *Кортикальная регуляция висцеральных функций*. Л.: Наука, 272 с.

Бусыгина, И. И. (1992) Динамика фаз мигрирующего миоэлектрического комплекса после электрического раздражения области центрального ядра миндалины. *Физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 78, № 2, с. 87–91.

Бусыгина, И. И., Александров, В. Г., Любашина, О. А., Пантелеев, С. С. (2009) Эффекты стимуляции инсулярной коры на реализацию антрофундального рефлекса у бодрствующих собак. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 95, № 2, с. 153–160.

Бусыгина, И. И., Кортезова, Н. И., Багаев, В. А., Папазова, М. П. (1990) Влияние микроинъекций бомбезина в миндалину на частоту медленных волн гладких мышц гастродуоденальной зоны и мигрирующий миоэлектрический комплекс. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 76, № 10, с. 1440–1448.

Дорофеева, А. А., Пантелеев, С. С., Макаров, Ф. Н. (2007) Парасимпатическая иннервация начальных отделов толстой кишки у кошки. *Морфология*, т. 132, № 6, с. 34–38.

Дорофеева, А. А., Пантелеев, С. С., Маркова, Л. А. и др. (2006) Топическая организация нейронов спинномозговых ганглиев, иннервирующих толстую кишку. *Морфология*, т. 130, № 6, с. 47–50.

Копылов, Е. В., Багаев, В. А., Смирнов, С. И. (1991) Идентификация преганглионарных нейронов дорсального моторного ядра блуждающего нерва, иннервирующих стенку желудка. *Доклады Академии наук СССР*, т. 320, № 3, с. 501–504.

Копылов, Е. В., Смирнов, С. И. (1991) Изменения электрической активности пилорической области желудка при стимуляции двойного ядра. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 77, № 3, с. 91–99.

Любашина, О. А. (2002) Возможные механизмы участия миндалевидного комплекса в регуляции моторной функции желудка. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 88, № 10, с. 1343–1355.

Любашина, О. А., Ицев, Д. Е. (2006) NO-зависимые механизмы амигдалофугальной модуляции вегетативных нейронов гипоталамуса. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 92, № 8, с. 956–966.

Любашина, О. А., Михалкин, А. А., Сиваченко, И. Б. (2021a) Нейрональные перестройки на супраспинальном уровне, способствующие кишечной гипералгезии при колите. *Интегративная физиология*, т. 2, № 1, с. 71–78. https://doi.org/10.33910/2687-1270-2021-2-1-71-78

Любашина, О. А., Ноздрачев, А. Д. (1999) Эффекты стимуляции разных участков центрального ядра миндалины на осуществление ваго-вагального рефлекса. *Доклады Академии наук*, т. 367, № 6, с. 837–841.

Любашина, О. А., Ноздрачев, А. Д. (2008) NO-зависимые механизмы амигдалокортикальных влияний. *Доклады Академии наук*, т. 421, № 2, с. 282–285.

Любашина, О. А., Ноздрачев, А. Д. (2010) Эффекты стимуляции блуждающего нерва на реализацию амигдалогипоталамических и амигдалобульбарных влияний. *Доклады Академии наук*, т. 434, № 6, с. 829–833.

Любашина, О. А., Пантелеев, С. С., Ноздрачев, А. Д. (2009) *Амигдалофугальная модуляция вегетативных центров мозга*. СПб.: Наука, 210 с.

Любашина, О. А., Сиваченко, И. Б., Бусыгина, И. И. (2021b) Амигдалофугальная модуляция висцеральной ноцицептивной трансмиссии в каудальной вентролатеральной ретикулярной области продолговатого мозга крысы в норме и при кишечном воспалении. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 107, № 10, с. 1219–1234. https://doi.org/10.31857/S086981392110006X

Матросова, Е. М., Багаев, В. А. (1982) Механизмы изменений желудочной секреции в различные сроки после ваготомии. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 68, № 4, с. 515–521.

Матросова, Е. М., Курыгин, А. А., Багаев, В. А., Волков, В. Г. (1981) О значении антральных ветвей блуждающего нерва в регуляции желудочной секреции. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 67, № 3, с. 418–422.

Новикова, А. П., Оконенко, Т. И., Антропова, Г. А. (2024) Ось «микробиота — кишечник — мозг»: обзор взаимосвязей. *Современные вопросы биомедицины*, т. 8, № 4 (30), статья 9. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_04_9

Ноздрачев, А. Д. (1966a) Электрофизиологическая характеристика афферентной и эфферентной импульсации в вегетативных нервах в хроническом эксперименте. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 52, № 1, с. 46–56.

Ноздрачев, А. Д. (1966b) Выделение афферентной и эфферентной импульсации в проводниках симпатических нервов в хроническом эксперименте посредством локального обратимого охлаждения. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*, т. 62, № 7, с. 13–17.

Ошарина, В. В., Савенко, Ю. Н., Дюжикова, Н. А. и др. (2004) Изменение характеристик гетерохроматина в ядрах нейронов вагосолитарного комплекса продолговатого мозга крыс после стимуляции блуждающего нерва. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*, т. 138, № 8, с. 132–134.

Пантелеев, С. С., Багаев, В. А., Калинина, Н. М. (1989) Реакции нейронов области ядра солитарного тракта продолговатого мозга кошки на электрическую стимуляцию желудочной ветви блуждающего нерва. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 75, № 9, с. 1220–1229.

Пантелеев, С. С., Багаев, В. А., Калинина, Н. М. (1990) Функциональные особенности нейронов ядра солитарного тракта, реагирующих на раздражение желудочной ветви блуждающего нерва. *Доклады Академии наук СССР*, т. 310, № 1, с. 243–246.

Пантелеев, С. С., Багаев, В. А., Калинина, Н. М. (1991) Реакции нейронов ядра солитарного тракта кошки в ответ на стимуляцию механорецепторов желудка. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 77, № 10, с. 77–85.

Пантелеев, С. С., Багаев, В. А., Любашина, О. А. (1997) Анализ возможных механизмов влияния передней лимбической коры на активность нейронов ваго-солитарного комплекса. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 83, № 4, с. 33–44.

Пантелеев, С. С., Багаев, В. А., Ноздрачев, А. Д. (2004) *Кортикальная модуляция висцеральных рефлексов*. СПб.: Изд-во СПбГУ, 208 с.

Пантелеев, С. С., Ноздрачев, А. Д. (1998) Кортикальная модуляция моторных реакций желудка, вызванных активацией ваго-вагальной рефлекторной дуги. *Доклады Академии наук*, т. 358, № 3, с. 424–427.

Пантелеев, С. С., Сиваченко, И. Б., Бусыгина, И. И., Любашина, О. А. (2020) Эффекты стимуляции инфралимбической коры на реакции нейронов каудальной вентролатеральной ретикулярной формации, вызванные ноцицептивным раздражением толстой кишки крысы. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*, т. 106, № 12, с. 1524–1540. https://doi.org/10.31857/S0869813920120067

Черниговский, В. Н. (1969) К характеристике современного этапа в развитии концепции о кортико-висцеральных взаимоотношениях. *Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова*, т. 55, № 8, с. 904–911.

Aleksandrov, V. G., Aleksandrova, N. P., Bagaev, V. A. (2000) Identification of a respiratory related area in the rat insular cortex. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, vol. 78, no. 7, pp. 582–586.

Aleksandrov, V. G., Bagaev, V. A., Nozdrachev, A. D., Panteleev, S, S. (1996b) Identification of gastric related neurones in the rat insular cortex. *Neuroscience Letters*, vol. 216, no. 1, pp. 5–8. https://doi.org/10.1016/0304-3940(96)12980-3

Bagaev, V., Aleksandrov, V. (2006) Visceral-related area in the rat insular cortex. *Autonomic Neuroscience*, vol. 125, no. 1–2, pp. 16–21. https://doi.org/10.1016/j.autneu.2006.01.006

Bagaev, V. A., Panteleev, S. S. (1994) Limbic cortical influences to the vagal input neurones of the solitary tract nucleus. *NeuroReport*, vol. 5, no. 14, pp. 1705–1708. https://doi.org/10.1097/00001756-199409080-00004

Benarroch, E. E. (1993) The central autonomic network: Functional organization, dysfunction, and perspective. *Mayo Clinic Proceedings*, vol. 68, no. 10, pp. 988–1001. https://doi.org/10.1016/s0025-6196(12)62272-1

Bonaz, B., Sinniger, V., Pellissier, S., Clarençon, D. (2017) VNS for the treatment of inflammatory disorders of the gastrointestinal tract. In: A. Majid (ed.). *Electroceuticals: Advances in electrostimulation therapies*. Cham: Springer Publ., pp. 205–230. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28612-9_9

Gillis, R. A., Dezfuli, G., Bellusci, L. et al. (2022) Brainstem neuronal circuitries controlling gastric tonic and phasic contractions: A review. *Cellular and Molecular Neurobiology*, vol. 42, no. 2, pp. 333–360. https://doi.org/10.1007/s10571-021-01084-5

Hashimoto, T., Kitajo, K., Kajihara, T. et al. (2015) Neural correlates of electrointestinography: Insular activity modulated by signals recorded from the abdominal surface. *Neuroscience*, vol. 289, pp. 1–8. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.12.057

He, F., Ai, H.-B. (2016) Effects of electrical stimulation at different locations in the central nucleus of amygdala on gastric motility and spike activity. *Physiological Research*, vol. 65, no. 4, pp. 693–700. https://doi.org/10.33549/physiolres.933125

Liubashina, O., Bagaev, V., Khotiantsev, S. (2002) Amygdalofugal modulation of the vago-vagal gastric motor reflex in rat. *Neuroscience Letters*, vol. 325, no. 3, pp. 183–186. https://doi.org/10.1016/s0304-3940(02)00289-6

Liubashina, O., Jolkkonen, E., Pitkänen, A. (2000) Projections from the central nucleus of the amygdala to the gastric related area of the dorsal vagal complex: A *Phaseolus vulgaris*-leucoagglutinin study in rat. *Neuroscience Letters*, vol. 291, no. 2, pp. 85–88. https://doi.org/10.1016/s0304-3940(00)01392-6

Lyubashina, O., Panteleev, S. (2009) Effects of cervical vagus nerve stimulation on amygdala-evoked responses of the medial prefrontal cortex neurons in rat. *Neuroscience Research*, vol. 65, no. 1, pp. 122–125. https://doi.org/10.1016/j.neures.2009.06.002

Lyubashina, O. A., Sivachenko, I. B. (2024) The 5-HT3 receptor-dependent facilitatory influence of the infralimbic cortex on the caudal ventrolateral medulla visceral pain-related neurons and its colitis-associated changes in rats. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, vol. 60, no. 3, pp. 1198–1212. https://doi.org/10.1134/S0022093024030268

Lyubashina, O. A., Sivachenko, I. B., Busygina, I. I., Panteleev, S. S. (2018) Colitis-induced alterations in response properties of visceral nociceptive neurons in the rat caudal medulla oblongata and their modulation by 5-HT3 receptor blockade. *Brain Research Bulletin*, vol. 142, pp. 183–196. https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2018.07.013

Lyubashina, O. A., Sivachenko, I. B., Panteleev, S. S. (2022) Supraspinal mechanisms of intestinal hypersensitivity. *Cellular and Molecular Neurobiology*, vol. 42, no. 2, pp. 389–417. https://doi.org/10.1007/s10571-020-00967-3

Nozdrachev, A. D., Bagaev, V. A. (1983) Studies of electrical activity of the peripheral components of the autonomic nervous system in chronic experiments. *Journal of the Autonomic Nervous System*, vol. 9, no. 2–3, pp. 347–360. https://doi.org/10.1016/0165-1838(83)90001-2

Osharina, V., Bagaev, V., Wallois, F., Larnicol, N. (2006) Autonomic response and Fos expression in the NTS following intermittent vagal stimulation: Importance of pulse frequency. *Autonomic Neuroscience*, vols. 126–127, pp. 72–80. https://doi.org/10.1016/j.autneu.2006.03.011

Panteleev, S., Grundy, D. (2000) Descending influences from the infralimbic cortex on vago-vagal reflex control of gastric motor activity in the rat. *Autonomic Neuroscience*, vol. 86, no. 1–2, pp. 78–83. https://doi.org/10.1016/S1566-0702(00)00249-6

Panteleev, S. S., Sivachenko, I. B., Lyubashina, O. A. (2021) The buspirone-dependent abdominal pain transmission within the nucleus tractus solitarius in the rat. *Neuroscience*, vol. 452, pp. 326–334. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.11.032

Petrut, S.-M., Bragaru, A. M., Munteanu, A. E. et al. (2025) Gut over mind: Exploring the powerful gut-brain axis. *Nutrients*, vol. 17, no. 5, article 842. https://doi.org/10.3390/nu17050842

Shiratori, R., Yokoi, T., Kinoshita, K. et al. (2024) The posterior insular cortex is necessary for feeding-induced jejunal myoelectrical activity in male rats. *Neuroscience*, vol. 553, pp. 40–47. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2024.06.025

Tome, J., Kamboj, A. K., Loftus, C. G. (2023) Approach to disorders of gut-brain interaction. *Mayo Clinic Proceedings*, vol. 98, no. 3, pp. 458–467. https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2022.11.001

Zhao, D.-Q., Xue, H., Sun, H.-J. (2020) Nervous mechanisms of restraint water-immersion stress-induced gastric mucosal lesion. *World Journal of Gastroenterology*, vol. 26, no. 20, pp. 2533–2549. https://doi.org/10.3748/WJG.V26.I20.2533

## References

Aleksandrov, V. G. (1992) Dinamika faz migriruyushchego mioelektricheskogo kompleksa posle razdrazheniya vistseral'nogo polya limbicheskoj kory [The phase dynamics of the migrating myoelectric complex following stimulation of the visceral field of the limbic cortex]. *Fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova*, vol. 78, no. 1, pp. 67–71. (In Russian)

Aleksandrov, V. G., Aleksandrova, N. P. (1998) Respiratornye effekty lokal'nogo razdrazheniya insulyarnoj kory golovnogo mozga krysy [Effects of the local stimulation of the insular cortex on respiration in rats]. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 84, no. 4, pp. 316–322. (In Russian)

Aleksandrov, V. G., Aleksandrova, N. P., Bagaev, V. A. (2000) Identification of a respiratory related area in the rat insular cortex. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, vol. 78, no. 7, pp. 582–586. (In English)

Aleksandrov, V. G., Bagaev, V. A., Nozdrachev, A. D., Panteleev, S. S. (1996a) Lokalizatsiya v insulyarnoj kore nejronov, posylayushchikh aksony k "zheludochnoj" oblasti vago-solitarnogo kompleksa [Localization in the insular cortex of neurons sending axons to the "gastric" area of the vagal-solitary complex]. *Doklady Akademii nauk*, vol. 347, no. 1, pp. 129–132. (In Russian)

Aleksandrov, V. G., Bagaev, V. A., Nozdrachev, A. D., Panteleev, S, S. (1996b) Identification of gastric related neurones in the rat insular cortex. *Neuroscience Letters*, vol. 216, no. 1, pp. 5–8. https://doi.org/10.1016/0304-3940(96)12980-3 (In English)

Bagaev, V. A. (1976) *Afferentnaya aktivnost' v vagusnykh i simpaticheskikh nervnykh stvol'akh zheludka v svyazi s razvitiem sekrotornogo protsessa [Afferent activity in the vagus and sympathetic nerve trunks of the stomach in connection with the development of the secretory process]. Extended abstract of PhD dissertation (Biology)*. Leningrad, Pavlov Institute of Physiology of the USSR Academy of Sciences, 20 p. (In Russian)

Bagaev, V. A. (1996) *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya bul'barnykh "zheludochnykh" nejronov [Structural and functional organization of bulbar "gastric" neurons]. Extended abstract of PhD dissertation (Biology)*. Saint Petersburg, Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, 38 p. (In Russian)

Bagaev, V. A., Aleksandrov, V. G. (2000) Vistseral'noe pole insulyarnoj oblasti kory mozga krys [Visceral field of the insular region of the rat brain cortex]. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 86, no. 11, pp. 1512–1520. (In Russian)

Bagaev, V., Aleksandrov, V. (2006) Visceral-related area in the rat insular cortex. *Autonomic Neuroscience*, vol. 125, no. 1–2, pp. 16–21. https://doi.org/10.1016/j.autneu.2006.01.006 (In English)

Bagaev, V. A., Filippova, L. V., Akoev, G. N., Makarov, F. N. (1992) Ekstraorgannye istochniki parasimpaticheskoj innervatsii tonkoj kishki v oblasti svyazki Trejtsa [Extra-organ sources of parasympathetic innervation of small intestine in the region of ligament of Treitz]. *Nejrofiziologiya*, vol. 24, no. 4, pp. 423–430. (In Russian)

Bagaev, V. A., Filippova, L. V., Makarov, F. N. (1993) Morfologicheskie osobennosti parasimpaticheskoj innervatsii piloricheskogo sfinktera u koshki [Morphological features of parasympathetic innervation of the pyloric sphincter in the cat]. *Morfologiya — Morphology*, vol. 104, no. 5–6, pp. 34–38. (In Russian)

Bagaev, V. A., Kopylov, E. V. (1993) Issledovanie nejronnoj organizatsii "zheludochnoj" oblasti dorsal'nogo motornogo yadra bluzhdayushchego nerva [Study of neuronal organization of the "gastric" region in the dorsal motor nucleus of the vagus nerve]. *Nejrofiziologiya*, vol. 1, no. 3, pp. 190–196. (In Russian)

Bagaev, V. A., Kopylov, E. V., Smirnov, S. I. (1990) Effekty elektrostimulyatsii raznykh uchastkov dorsal'nogo motornogo yadra bluzhdayushchego nerva na elektricheskuyu aktivnost' stenki zheludka [Effects of the electrostimulation of various areas of the dorsal motor nucleus of the vagus on the electrical activity of the stomach wall]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 76, no. 4, pp. 492–501. (In Russian)

Bagaev, V. A., Kurtsin, I. T., Nozdrachev, A. D. (1975a) Vospriyatie sekretornogo protsessa retseptornym apparatom slizistoj obolochki zheludka [Perception of the secretory process by the receptor apparatus of the gastric mucosa]. *Doklady Akademii nauk SSSR*, vol. 220, no. 2, pp. 489–492. (In Russian)

Bagaev, V. A., Kurzin, I. T., Nozdratchev, A. D. (1976) Afferentnaya aktivnost' v simpaticheskikh nervnykh vetvyakh zheludka i ego sekretornaya deyatel'nost' [Afferent activity in sympathetic nerves of the stomach and its secretory action]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 62, no. 4, pp. 594–602. (In Russian)

Bagaev, V. A., Makarov, F. N. (1997) Dorsal'noe motornoe yadro bluzhdayushchego nerva i ego rol' v innervatsii pishchevaritel'nogo trakta [The dorsal motor nucleus of the vagus nerve and its role in innervating the digestive tract]. *Morfologiya — Morphology*, vol. 111, no. 1, pp. 7–14. (In Russian)

Bagaev, V. A., Makarov, F. N., Rybakov, V. L. et al. (1989) Lokalizatsiya nejronov v dorsal'nom dvigatel'nom yadre bluzhdayushchego nerva, innerviruyushchikh piloricheskuyu oblast' zheludka [Localization of neurons in the dorsal motor nucleus of the vagus nerve innervating the pyloric region of the stomach]. *Doklady Akademii nauk SSSR*, vol. 304, no. 4, pp. 935–937. (In Russian)

Bagaev, V. A., Makarov, F. N., Rybakov, V. L. et al. (1991) Lokalizatsiya nejronov, innerviruyushchikh verkhnyuyu chast' dvenadtsatiperstnoj kishki, v dorsal'nom motornom yadre bluzhdayushchego nerva [The localization of neurons innervating the upper portion of the duodenum in the dorsal motor nucleus of the vagus nerve]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 77, no. 1, pp. 45–52. (In Russian)

Bagaev, V. A., Nozdrachev, A. D. (1980) Modifikatsiya metodiki registratsii elektricheskoj aktivnosti vegetativnykh nervnykh provodnikov v usloviyakh khronicheskogo eksperimenta [Modification of the technic for recording the electrical activity of autonomic nerve fibers in chronic experiments]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 66, no. 12, pp. 1850–1853. (In Russian)

Bagaev, V. A., Nozdrachev, A. D., Kurtsin, I. T. (1975b) Afferentnye reaktsii v zheludochnykh vetvyakh bluzhdayushchego nerva v svyazi s razvivayushchimsya sekretornnym protsessom [Afferent reactions in the gastric branches of the vagus nerve in connection with the developing secretory process]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 61, no. 9, pp. 1359–1366. (In Russian)

Bagaev, V. A., Nozdrachev, A. D., Panteleev, S. S. (1997) *Vago-vagal'naya reflektornaya duga. Elementy strukturno-funktsional'noj organizatsii [Vago-vagal reflex arc. The elements of its structural and functional organization]*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University Publ., 204 p. (In Russian)

Bagaev, V. A., Panteleev, S. S. (1994) Limbic cortical influences to the vagal input neurones of the solitary tract nucleus. *NeuroReport*, vol. 5, no. 14, pp. 1705–1708. https://doi.org/10.1097/00001756-199409080-00004 (In English)

Bagaev, V. A., Panteleev, S. S. (1995) Effekty stimulyatsii limbicheskoj kory na otvety nejronov yader vago-solitarnogo kompleksa, vyzvannye razdrazheniem bluzhdayushchikh nervov [The effect of stimulating the limbic cortex and response of the vago-solitary nucleus complex, caused by stimulation of the vagus nerve]. *Doklady Akademii nauk*, vol. 340, no. 4, pp. 555–558. (In Russian)

Bagaev, V. A., Panteleev, S. S. (1996) Afferentnoe zveno v sisteme bul'barnoj regulyatsii motornoj funktsii zheludka [The afferent link in the system of the bulbar regulation of gastric motor function]. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 82, no. 5–6, pp. 121–131. (In Russian)

Bagaev, V. A., Stadnichenko, L. I. (1970) O roli zheludochnykh volokon bluzhdayushchego nerva v formirovanii oshchushcheniya goloda [On the role of gastric fibers of the vagus nerve in the formation of the sensation of hunger]. In: *Sbornik studentskikh rabot. Vyp. 3. Estestvennye nauki [Collection of student works. Iss. 3. Natural sciences]*. Voronezh: Voronezh State University Publ., pp. 98–103. (In Russian)

Beller, N. N., Bolondinskij, V. K., Zakharzhevskij, V. B. et al. (1980) *Kortikal'naya regulyatsiya vistseral'nykh funktsij [Cortical regulation of visceral functions]*. Leningrad: Nauka Publ., 272 p. (In Russian)

Benarroch, E. E. (1993) The central autonomic network: Functional organization, dysfunction, and perspective. *Mayo Clinic Proceedings*, vol. 68, no. 10, pp. 988–1001. https://doi.org/10.1016/s0025-6196(12)62272-1 (In English)

Bonaz, B., Sinniger, V., Pellissier, S., Clarençon, D. (2017) VNS for the treatment of inflammatory disorders of the gastrointestinal tract. In: A. Majid (ed.). *Electroceuticals: Advances in electrostimulation therapies*. Cham: Springer Publ., pp. 205–230. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28612-9_9 (In English)

Busygina, I. I. (1992) Dinamika faz migriruyushchego mioelektricheskogo kompleksa posle elektricheskogo razdrazheniya oblasti tsentral'nogo yadra mindaliny [The phase dynamics of the migrating myoelectric complex following the electrical stimulation of the central nucleus area of the amygdala]. *Fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova*, vol. 78, no. 2, pp. 87–91. (In Russian)

Busygina, I. I., Aleksandrov, V. G., Lyubashina, O. A., Panteleev, S. S. (2009) Effekty stimulyatsii insulyarnoj kory na realizatsiyu antrofundal'nogo refleksa u bodrstvuyushchikh sobak [Effects of the insular cortex stimulation upon realization of the antro-fundal gastric reflex in alert dogs]. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 95, no. 2, pp. 153–160. (In Russian)

Busygina, I. I., Kortezova, N. I., Bagaev, V. A., Papazova, M. P. (1990) Vliyanie mikroin'ektsij bombezina v mindalinu na chastotu medlennykh voln gladkikh myshts gastroduodenal'noj zony i migriruyushchij mioelektricheskij kompleks [The effect of microinjections of bombesin into the amygdala on the slow-wave frequency of the gastroduodenal smooth muscles and on the migrating myoelectric complex]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 76, no. 10, pp. 1440–1448. (In Russian)

Chernigovskij, V. N. (1969) K kharakteristike sovremennogo etapa v razvitii kontseptsii o kortiko-vistseral'nykh vzaimootnosheniyakh [To the characteristic of the modern stage in the development of the concept of cortico-visceral relationships]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 55, no. 8, pp. 904–911. (In Russian)

Dorofeyeva, A. A., Panteleyev, S. S., Makarov, F. N. (2007) Parasimpaticheskaya innervatsiya nachal'nykh otdelov tolstoj kishki u koshki [Parasympathetic innervation of proximal parts of the colon in cat]. *Morfologiya — Morphology*, vol. 132, no. 6, pp. 34–38. (In Russian)

Dorofeyeva, A. A., Panteleyev, S. S., Markova, L. A. et al. (2006) Topicheskaya organizatsiya nejronov spinnomozgovykh gangliev, innerviruyushchikh tolstuyu kishku [Structural organization of neurons of spinal sacral ganglia innervating the colon]. *Morfologiya — Morphology*, vol. 130, no. 6, pp. 47–50. (In Russian)

Gillis, R. A., Dezfuli, G., Bellusci, L. et al. (2022) Brainstem neuronal circuitries controlling gastric tonic and phasic contractions: A review. *Cellular and Molecular Neurobiology*, vol. 42, no. 2, pp. 333–360. https://doi.org/10.1007/s10571-021-01084-5 (In English)

Hashimoto, T., Kitajo, K., Kajihara, T. et al. (2015) Neural correlates of electrointestinography: Insular activity modulated by signals recorded from the abdominal surface. *Neuroscience*, vol. 289, pp. 1–8. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.12.057 (In English)

He, F., Ai, H.-B. (2016) Effects of electrical stimulation at different locations in the central nucleus of amygdala on gastric motility and spike activity. *Physiological Research*, vol. 65, no. 4, pp. 693–700. https://doi.org/10.33549/physiolres.933125 (In English)

Kopylov, E. V., Bagaev, V. A., Smirnov, S. I. (1991) Identifikatsiya preganglionarnykh nejronov dorsal'nogo motornogo yadra bluzhdayushchego nerva, innerviruyushchikh stenku zheludka [Identification of preganglionic neurons of the dorsal nucleus of the vagus nerve, innervating the stomach wall]. *Doklady Akademii nauk SSSR*, vol. 320, no. 3, pp. 501–504. (In Russian)

Kopylov, E. V., Smirnov, S. I. (1991) Izmeneniya elektricheskoj aktivnosti piloricheskoj oblasti zheludka pri stimulyatsii dvojnogo yadra [Changes in the electrical activity of the gastric pyloric area during stimulation of the nucleus ambiguus]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 77, no. 3, pp. 91–99. (In Russian)

Lyubashina, O. A. (2002) Vozmozhnye mekhanizmy uchastiya mindalevidnogo kompleksa v regulyatsii motornoj funktsii zheludka [Possible mechanisms of amygdala participation in the regulation of gastric motor activity]. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 88, no. 10, pp. 1343–1355. (In Russian)

Lyubashina, O., Bagaev, V., Khotiantsev, S. (2002) Amygdalofugal modulation of the vago-vagal gastric motor reflex in rat. *Neuroscience Letters*, vol. 325, no. 3, pp. 183–186. https://doi.org/10.1016/s0304-3940(02)00289-6 (In English)

Lyubashina, O. A., Itsev, D. E. (2006) NO-zavisimye mekhanizmy amigdalofugal'noj modulyatsii vegetativnykh nejronov gipotalamusa [NO-dependent mechanisms of the amygdalofugal modulation of the hypothalamus vegetative neurons]. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 92, no. 8, pp. 956–966. (In Russian)

Lyubashina, O., Jolkkonen, E., Pitkänen, A. (2000) Projections from the central nucleus of the amygdala to the gastric related area of the dorsal vagal complex: A *Phaseolus vulgaris*-leucoagglutinin study in rat. *Neuroscience Letters*, vol. 291, no. 2, pp. 85–88. https://doi.org/10.1016/s0304-3940(00)01392-6 (In English)

Lyubashina, O. A., Mikhalkin, A. A., Sivachenko, I. B. (2021a) Nejronal'nye perestrojki na supraspinal'nom urovne, sposobstvuyushchie kishechnoj giperalgezii pri kolite [Supraspinal neuronal alterations promoting intestinal hyperalgesia in colitis]. *Integrativnaya fiziologiya — Integrative Physiology*, vol. 2, no. 1, pp. 71–78. https://doi.org/10.33910/2687-1270-2021-2-1-71-78 (In Russian)

Lyubashina, O. A., Nozdrachev, A. D. (1999) Effekty stimulyatsii raznykh uchastkov tsentral'nogo yadra mindaliny na osushchestvlenie vago-vagal'nogo refleksa [Effects of stimulating various segments of amygdala's central nucleus on appearance of the vago-vagal reflex]. *Doklady Akademii nauk*, vol. 367, no. 6, pp. 837–841. (In Russian)

Lyubashina, O. A., Nozdrachev, A. D. (2008) NO-zavisimye mekhanizmy amigdalokortikal'nykh vliyanij [NO-dependent mechanisms of amygdalocortical influence]. *Doklady Akademii nauk*, vol. 421, no. 2, pp. 282–285. (In Russian)

Lyubashina, O. A., Nozdrachev, A. D. (2010) Effekty stimulyatsii bluzhdayushchego nerva na realizatsiyu amigdalogipotalamicheskikh i amigdalobul'barnykh vliyanij [Effects of the vagus nerve stimulation on amygdalohypothalamic and amygdalobulbular influences]. *Doklady Akademii nauk*, vol. 434, no. 6, pp. 829–833. (In Russian)

Lyubashina, O., Panteleev, S. (2009) Effects of cervical vagus nerve stimulation on amygdala-evoked responses of the medial prefrontal cortex neurons in rat. *Neuroscience Research*, vol. 65, no. 1, pp. 122–125. https://doi.org/10.1016/j.neures.2009.06.002 (In English)

Lyubashina, O. A., Panteleev, S. S., Nozdrachev, A. D. (2009) *Amigdalofugal'naya modulyatsiya vegetativnykh tsentrov mozga [Amygdalofugal modulation of vegetative brain centers]*. Saint Petersburg: Nauka Publ., 210 p. (In Russian)

Lyubashina, O. A., Sivachenko, I. B. (2024) The 5-HT3 receptor-dependent facilitatory influence of the infralimbic cortex on the caudal ventrolateral medulla visceral pain-related neurons and its colitis-associated changes in rats. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, vol. 60, no. 3, pp. 1198–1212. https://doi.org/10.1134/S0022093024030268 (In English)

Lyubashina, O. A., Sivachenko, I. B., Busygina, I. I. (2021b) Amigdalofugal'naya modulyatsiya vistseral'noj notsitseptivnoj transmissii v kaudal'noj ventrolateral'noj retikulyarnoj oblasti prodolgovatogo mozga krysy v norme i pri kishechnom vospalenii [Amygdalofugal modulation of visceral nociceptive transmission in the rat caudal ventrolateral medulla in normal conditions and under intestinal inflammation]. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 107, no. 10, pp. 1219–1234. https://doi.org/10.31857/S086981392110006X (In Russian)

Lyubashina, O. A., Sivachenko, I. B., Busygina, I. I., Panteleev, S. S. (2018) Colitis-induced alterations in response properties of visceral nociceptive neurons in the rat caudal medulla oblongata and their modulation by 5-HT3 receptor blockade. *Brain Research Bulletin*, vol. 142, pp. 183–196. https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2018.07.013 (In English)

Lyubashina, O. A., Sivachenko, I. B., Panteleev, S. S. (2022) Supraspinal mechanisms of intestinal hypersensitivity. *Cellular and Molecular Neurobiology*, vol. 42, no. 2, pp. 389–417. https://doi.org/10.1007/s10571-020-00967-3 (In English)

Matrossova, E. M., Bagaev, V. A. (1982) Mekhanizmy izmenenij zheludochnoj sekretsii v razlichnye sroki posle vagotomii [Mechanisms of gastric secretion changes in different periods after vagotomy]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 68, no. 4, pp. 515–521. (In Russian)

Matrossova, E. M., Kurygin, A. A., Bagaev, V. A., Volkov, V. G. (1981) O znachenii antral'nykh vetvej bluzhdayushchego nerva v regulyatsii zheludochnoj sekretsii [The role of antral branches of the vagus in control of gastric secretion]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 67, no. 3, pp. 418–422. (In Russian)

Novikova, A. P., Okonenko, T. I., Antropova, G. A. (2024) Os' "mikrobiota — kishechnik — mozg": obzor vzaimosvyazej [The "microbiota — gut — brain" axis: A review of interrelationships]. *Sovremennye voprosy biomeditsiny — Modern Issues of Biomedicine*, vol. 8, no. 4 (30), article 9. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_04_9 (In Russian)

Nozdrachev, A. D. (1966a) Elektrofiziologicheskaya kharakteristika afferentnoj i efferentnoj impul'satsii v vegetativnykh nervakh v khronicheskom eksperimente [Electrophysiological characterization of afferentation and efferentation in autonomic nerves in chronic experimentation]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 52, no. 1, pp. 46–56. (In Russian)

Nozdrachev, A. D. (1966b) Vydelenie afferentnoj i efferentnoj impul'satsii v provodnikakh simpaticheskikh nervov v khronicheskom eksperimente posredstvom lokal'nogo obratimogo okhlazhdeniya [Separation of afferent and efferent impulses in the conductors of the sympathetic nerves in chronic experiments by means of local reversible cooling]. *Byulleten' eksperimental'noj biologii i meditsiny*, vol. 62, no. 7, pp. 13–17. (In Russian)

Nozdrachev, A. D., Bagaev, V. A. (1983) Studies of electrical activity of the peripheral components of the autonomic nervous system in chronic experiments. *Journal of the Autonomic Nervous System*, vol. 9, no. 2–3, pp. 347–360. https://doi.org/10.1016/0165-1838(83)90001-2 (In English)

Osharina, V., Bagaev, V., Wallois, F., Larnicol, N. (2006) Autonomic response and Fos expression in the NTS following intermittent vagal stimulation: Importance of pulse frequency. *Autonomic Neuroscience*, vols. 126–127, pp. 72–80. https://doi.org/10.1016/j.autneu.2006.03.011 (In English)

Osharina, V. V., Savenko, Yu. N., Dyuzhikova, N. A. et al. (2004) Izmenenie kharakteristik geterokhromatina v yadrakh nejronov vagosolitarnogo kompleksa prodolgovatogo mozga krys posle stimulyatsii bluzhdayushchego nerva [Vagal stimulation modifies parameters of heterochromatin in the nuclei of vagosolitary complex neurons of medulla oblongata in rats]. *Byulleten' eksperimental'noj biologii i meditsiny*, vol. 138, no. 8, pp. 132–134. (In Russian)

Panteleev, S. S., Bagaev, V. A., Kalinina, N. M. (1989) Reaktsii nejronov oblasti yadra solitarnogo trakta prodolgovatogo mozga koshki na elektricheskuyu stimulyatsiyu zheludochnoj vetvi bluzhdayushchego nerva [The neuronal reactions of the area of the tractus solitarius nucleus in the cat to electrical stimulation of the gastric branch of the vagus nerve]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 75, no. 9, pp. 1220–1229. (In Russian)

Panteleev, S. S., Bagaev, V. A., Kalinina, N. M. (1990) Funktsional'nye osobennosti nejronov yadra solitarnogo trakta, reagiruyushchikh na razdrazhenie zheludochnoj vetvi bluzhdayushchego nerva [Functional features of neurons of the nucleus of the solitary tract reacting to irritation of the gastric branch of the vagus nerve]. *Doklady Akademii nauk SSSR*, vol. 310, no. 1, pp. 243–246. (In Russian)

Panteleev, S. S., Bagaev, V. A., Kalinina, N. M. (1991) Reaktsii nejronov yadra solitarnogo trakta koshki v otvet na stimulyatsiyu mekhanorezeptorov zheludka [The neuronal reactions of the nucleus solitarius in response to stimulation of the gastric mechanoreceptors]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova*, vol. 77, no. 10, pp. 77–85. (In Russian)

Panteleev, S. S., Bagaev, V. A., Liubashina, O. A. (1997) Analiz vozmozhnykh mekhanizmov vliyaniya perednej limbicheskoj kory na aktivnost' nejronov vago-solitarnogo kompleksa [Possible mechanisms of the anterior limbic cortex influence on the neuron activity of the vago-solitary complex]. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 83, no. 4, pp. 33–44. (In Russian)

Panteleev, S. S., Bagaev, V. A., Nozdrachev, A. D. (2004) *Kortikal'naya modulyatsiya vistseral'nykh refleksov [Cortical modulation of visceral reflexes]*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University Publ., 208 p. (In Russian)

Panteleev, S., Grundy, D. (2000) Descending influences from the infralimbic cortex on vago-vagal reflex control of gastric motor activity in the rat. *Autonomic Neuroscience*, vol. 86, no. 1–2, pp. 78–83. https://doi.org/10.1016/S1566-0702(00)00249-6 (In English)

Panteleev, S. S., Nozdrachev, A. D. (1998) Kortikal'naya modulyatsiya motornykh reaktsij zheludka, vyzvannykh aktivatsiej vago-vagal'noj reflektornoj dugi [Cortical modulation of the gastric motor reaction, caused by activating the vasovagal reflex arc]. *Doklady Akademii nauk*, vol. 358, no. 3, pp. 424–427. (In Russian)

Panteleev, S. S., Sivachenko, I. B., Busygina, I. I., Lyubashina, O. A. (2020) Effekty stimulyatsii infralimbicheskoj kory na reaktsii nejronov kaudal'noj ventrolateral'noj retikulyarnoj formatsii, vyzvannye notsitseptivnym razdrazheniem tolstoj kishki krysy [Effects of the infralimbic cortex stimulation on the caudal ventrolateral reticular formation neuron responses to the nociceptive rat colon distension]. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova — Russian Journal of Physiology*, vol. 106, no. 12, pp. 1524–1540. https://doi.org/10.31857/S0869813920120067 (In Russian)

Panteleev, S. S., Sivachenko, I. B., Lyubashina, O. A. (2021) The buspirone-dependent abdominal pain transmission within the nucleus tractus solitarius in the rat. *Neuroscience*, vol. 452, pp. 326–334. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.11.032 (In English)

Petrut, S.-M., Bragaru, A. M., Munteanu, A. E. et al. (2025) Gut over mind: Exploring the powerful gut-brain axis. *Nutrients*, vol. 17, no. 5, article 842. https://doi.org/10.3390/nu17050842 (In English)

Shiratori, R., Yokoi, T., Kinoshita, K. et al. (2024) The posterior insular cortex is necessary for feeding-induced jejunal myoelectrical activity in male rats. *Neuroscience*, vol. 553, pp. 40–47. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2024.06.025 (In English)

Tome, J., Kamboj, A. K., Loftus, C. G. (2023) Approach to disorders of gut-brain interaction. *Mayo Clinic Proceedings*, vol. 98, no. 3, pp. 458–467. https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2022.11.001 (In English)

Zhao, D.-Q., Xue, H., Sun, H.-J. (2020) Nervous mechanisms of restraint water-immersion stress-induced gastric mucosal lesion. *World Journal of Gastroenterology*, vol. 26, no. 20, pp. 2533–2549. https://doi.org/10.3748/WJG.V26.I20.2533 (In English)