

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Санкт-Петербургский

государственный университет

С. В. Микушев

2026 г.



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» на диссертацию Сальникова Сергея Георгиевича «Припороговые резонансы в физике высоких энергий», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика**

#### **Актуальность темы исследования**

Исследование фундаментальных взаимодействий элементарных частиц остается одной из самых приоритетных задач современной физики. Диссертация С.Г. Сальникова посвящена теоретическому исследованию взаимодействия адронов, образующихся в электрон-позитронной аннигиляции и других процессах в припороговой области энергий. Особый интерес к такого рода процессам обусловлен появлением большого количества экспериментальных данных. Эти эксперименты показывают нетривиальный характер зависимости сечений от энергии вблизи порогов соответствующих реакций. Среди предлагаемых теоретических объяснений такого поведения сечений доминирующей является идея об учете взаимодействия адронов в конечном состоянии. Именно эта идея и положена в основу теоретического исследования, выполненного в настоящей диссертации. А именно, в диссертации разрабатывается последовательный подход к описанию взаимодействия адронов в конечном состоянии, который применяется к целому ряду конкретных процессов.

#### **Научная новизна**

В диссертации впервые развит последовательный подход для учета взаимодействия адронов в конечном состоянии в процессах рождения пары адронов вблизи порога. Подход основан на решении уравнения Шредингера как в одноканальном, так и в многоканальном случаях и использует простейшие модели потенциалов для учета этого взаимодействия. В рамках этого подхода

впервые удалось: правильно учесть поправки к сечению рождения адронов за счет кулоновского взаимодействия; учесть влияние взаимодействия виртуальных адронов в промежуточном состоянии вблизи порога рождения пары адронов на сечения процессов с рождением других частиц; вывести простую формулу, описывающую зависимость от энергии сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \Lambda \bar{\Lambda}$  с учетом взаимодействия в конечном состоянии; предложить модель взаимодействия  $\Lambda_c$  и  $\bar{\Lambda}_c$ , которая позволила описать экспериментальные данные детектора BESIII для сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \Lambda_c \bar{\Lambda}_c$  и отношение электромагнитных формфакторов для  $\Lambda_c$ -бариона; в рамках предложенной модели учесть разницу масс протона и нейтрона и кулоновское взаимодействие между протоном и антипротоном, что позволило хорошо воспроизвести зависимости от энергии сечений  $e^+e^- \rightarrow p \bar{p}$  и  $e^+e^- \rightarrow n \bar{n}$  вблизи порогов, а также отношения соответствующих электромагнитных формфакторов во времениподобной области; описать резкое падение сечений  $e^+e^- \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)$ ,  $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)$ ,  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-$  вблизи порога рождения реальной пары нуклон-антинуклон; предсказать угловые распределения в распадах  $J/\psi \rightarrow p \bar{p} \pi^0(\eta)$  и  $\psi(2s) \rightarrow p \bar{p} \pi^0(\eta)$  с учетом нуклон-антинуклонного взаимодействия в конечном состоянии; объяснить нетривиальную зависимость от энергии сечений процессов  $e^+e^-$  аннигиляции в пары  $B^{(*)}\bar{B}^{(*)}$  и  $D^{(*)}\bar{D}^{(*)}$  мезонов вблизи порогов.

## Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, анализируется степень ее разработанности, формулируются цели и задачи диссертации. Также демонстрируется научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных в диссертации результатов, приводятся положения, выносимые на защиту.

В первой главе по- существу формулируется общий подход к расчетам как процессов, в которых важную роль играет взаимодействие между адронами в конечном состоянии, так и процессов, в которых адроны в промежуточном состоянии рождаются вблизи порога рождения реальной пары адронов. В основе рассматриваемого подхода лежит тот факт, что полная амплитуды процесса в рассматриваемой в диссертации области (низких) энергий может быть представлена в виде произведения двух амплитуд: амплитуды рождения кварк-антикварковой пары и амплитуды образования адронов. При этом первый фактор слабо меняется при небольшом изменении кинетической энергии адронов. Второй же фактор сильно зависит от кинетической энергии адронов в припороговой области. Пара адронов, которую можно считать нерелятивистской, описывается уравнением Шредингера с некоторым потенциалом взаимодействия. В диссертации показывается, что поведение рассчитываемых сечений вблизи порога определяется небольшим количеством параметров и практически не чувствительно к деталям взаимодействия, что

позволяет использовать самые простые модели для потенциала. При этом рассматриваются как процессы, когда пара адронов рождается в одном состоянии, так и многоканальные процессы, соответствующие рождению разных пар адронов.

Во второй главе развитый метод применяется к изучению рождения пар  $\Lambda\bar{\Lambda}$  и  $\Lambda_c\bar{\Lambda}_c$  в  $e^+e^-$  аннигиляции. Экспериментальные данные показывают, что сечения этих процессов вблизи порога многократно превышают значения, которые можно получить, исходя из зависимости от энергии фазовых объемов конечных состояний. Это указывает на важность учета барион-антибарионного взаимодействия в конечном состоянии. Сначала рассматривается процесс с образованием  $\Lambda\bar{\Lambda}$  пары, который является наиболее простым в теоретическом отношении, т. к. вблизи порога основной вклад в сечение определяется конечным состоянием с  $L=0, S=1, I=0$ . В силу того, что сечение аннигиляции пары  $\Lambda\bar{\Lambda}$  в легкие адроны мало, потенциал взаимодействия между  $\Lambda$  и  $\bar{\Lambda}$  считается вещественным. Так как в рамках развиваемого подхода теоретические предсказания слабо зависят от конкретной модели потенциала, он выбирается в виде прямоугольной ямы. Глубина ямы и радиус потенциала подбираются из сравнения предсказаний модели с экспериментом, а именно используется условие минимизации суммы стандартных отклонений предсказаний теории от экспериментальных данных. В результате получено хорошее согласие теории с экспериментом для зависимости сечения от энергии в рассматриваемой области. Проведенные расчеты с очевидностью демонстрируют необходимость учета взаимодействия в конечном состоянии. В рамках рассматриваемого подхода предсказывается также наличие связанного состояния  $\Lambda$  и  $\bar{\Lambda}$  с энергией около -30 МэВ. Соответствующие расчеты выполнены и для процесса образования  $\Lambda_c\bar{\Lambda}_c$  пары. По сравнению с расчетами  $\Lambda\bar{\Lambda}$  пары, расчеты должны включать кулоновское взаимодействие между  $\Lambda_c$  и  $\bar{\Lambda}_c$ , которое может быть важным при малых энергиях барионов. Кроме того, полученное в эксперименте существенное отличие от единицы отношения электрического и магнитного формфакторов  $\Lambda_c$  вблизи порога говорит о необходимости учета амплитуд образования  $\Lambda_c\bar{\Lambda}_c$ , отвечающих конечным состояниям с разными значениями  $L$  ( $L=0, 2$ ). Такие расчеты требуют учета тензорных сил в потенциале взаимодействия, которые приводят к смешиванию состояний с разными значениями  $L$ . Так же, как и в предыдущем случае, параметры модели (уже с учетом тензорных сил и кулоновского взаимодействия) подбираются из сравнения с экспериментом, а проведенные расчеты демонстрируют хорошее согласие полученных зависимостей рассматриваемого сечения и электромагнитных формфакторов с соответствующими экспериментальными данными. В рамках рассматриваемой модели предсказывается также наличие связанного состояния  $\Lambda_c$  и  $\bar{\Lambda}_c$  с энергией около -40 МэВ.

Третья глава посвящена описанию эффектов нуклон-антинуклонного взаимодействия в рамках развиваемого в диссертации подхода. Исследуется влияние этого взаимодействия как в конечном, так и в промежуточных состояниях на сечения различных процессов. Сначала рассматриваются

процессы  $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$  и  $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$ . С учетом того, что нуклон-антинуклонные пары могут рождаться в состояниях с изоспином  $I=0$  и  $I=1$ , которые перемешиваются за счет эффектов кулоновского взаимодействия и разницы масс нейтронов и протонов, а также с учетом смешивания состояний с орбитальным моментом  $L=0$  и  $L=2$  за счет тензорных сил, в качестве конечных рассматриваются 4 квантовых состояния, а именно состояния  $p\bar{p}$  и  $n\bar{n}$ , находящиеся в  $S$ -волне или  $D$ -волне. При построении модели нуклон-антинуклонного взаимодействия учитываются экспериментальные данные как по сечениям  $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$  и  $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$  и электромагнитным формфакторам протона и нейтрона, так и по сечениям протон-антипротонного рассеяния и перезарядки  $p\bar{p} \rightarrow n\bar{n}$ . Результаты, полученные в рамках разработанной модели, хорошо согласуются с экспериментом. В этой же главе показано, что резкое падение сечений процессов  $e^+e^- \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)$ ,  $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)$  и  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-$  вблизи порога рождения нуклон-антинуклонных пар объясняется взаимодействием между виртуальным нуклоном и антинуклоном в промежуточном состоянии.

В четвертой главе развиваемый в диссертации подход применяется к исследованию влияния нуклон-антинуклонного взаимодействия в конечном и промежуточном состояниях на вероятности распадов  $J/\psi$  и  $\psi(2S)$  мезонов. Получены аналитические формулы для вероятностей распада  $\psi$ -мезона в различные конечные  $p\bar{p}\omega(\gamma, \rho)$  состояния. Для определения наиболее оптимальных параметров рассматриваемой модели минимизируются отклонения от известных экспериментальных данных. Сравнение с экспериментом зависимостей от энергии полученных вероятностей распадов  $J/\psi \rightarrow p\bar{p}\gamma$ ,  $\psi(2S) \rightarrow p\bar{p}\gamma$  и  $J/\psi \rightarrow p\bar{p}\omega$  демонстрирует необходимость учета взаимодействия в конечном состоянии. Обсуждаются процессы распада  $J/\psi$ -мезона, в которых проявляются эффекты нуклон-антинуклонного взаимодействия в промежуточном состоянии. Учет этих эффектов позволяет получить хорошее согласие с экспериментом для распадов  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta'\pi^+\pi^-$  и  $J/\psi \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)\gamma$ . Рассматриваются также распады  $J/\psi \rightarrow p\bar{p}\pi^0(\eta)$ ,  $\psi(2S) \rightarrow p\bar{p}\pi^0(\eta)$ . В результате проведенного анализа, который также включает сечения рождения нуклон-антинуклонных пар в  $e^+e^-$  аннигиляции и парциальные сечения нуклон-антинуклонного рассеяния, показано, что наряду с учетом рассмотренных ранее амплитуд, отвечающих рождению протон-антипротонной пары в смешанных  ${}^3S_1$ - ${}^3D_1$  состояниях, необходимо учесть нуклон-антинуклонное взаимодействие в конечном состоянии в  ${}^1P_1$  волне. В итоге, удалось получить хорошее согласие с экспериментальными данными.

В пятой главе рассмотрено взаимодействие мезонов в конечном состоянии в процессах рождения пар  $B^{(*)}\bar{B}^{(*)}$  и  $D^{(*)}\bar{D}^{(*)}$  в  $e^+e^-$  аннигиляции, в которых была обнаружена нетривиальная зависимость сечений от энергии вблизи порогов. В рамках развиваемого в диссертации подхода показано, что обнаруженные особенности поведения сечений могут быть объяснены взаимодействием мезонов в конечном состоянии и наличием нескольких каналов реакции с близкими порогами. Так, в процессах с рождением пар  $D^{(*)}\bar{D}^{(*)}$  в  $e^+e^-$  аннигиляции рассматривается шесть возможных каналов.

Рассматриваемая модель описывает как взаимодействие между мезонами в каждом отдельном канале, так и переходы между ними. Как и в предыдущих разделах, параметры потенциала определяются из имеющихся экспериментальных данных для рассматриваемых сечений вблизи порогов. Проведенные расчеты хорошо воспроизводят особенности зависимостей рассматриваемых сечений от энергии вблизи порогов. Аналогичное исследование проведено и для случая рождения  $V^{(*)}\bar{V}^{(*)}$ , в котором, в силу ограниченности экспериментальных данных, используется упрощенная модель с тремя различающимися конечными состояниями. В результате объяснена сложная зависимость сечений процессов  $e^+e^- \rightarrow V\bar{V}$ ,  $e^+e^- \rightarrow V^*\bar{V}$  и  $e^+e^- \rightarrow V^*\bar{V}^*$  вблизи порогов.

В заключении представлены основные результаты диссертации.

### **Автором получены следующие основные результаты:**

- Предложен последовательный подход к вычислению эффектов взаимодействия в конечном состоянии в процессах с рождением пары адронов, основанный на решении в координатном представлении уравнения Шрёдингера или системы уравнений Шрёдингера.
- Развитый подход применён к описанию взаимодействия в конечном состоянии в задачах различной сложности, включая многоканальные задачи, а также системы с наличием тензорных сил и кулоновского взаимодействия.
- Получена простая аналитическая формула, хорошо описывающая зависимость от энергии сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$  с учётом взаимодействия в конечном состоянии.
- Предложена модель взаимодействия между  $\Lambda_c$  и  $\bar{\Lambda}_c$ , описывающая зависимость от энергии сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \Lambda_c\bar{\Lambda}_c$ , а также отношение электромагнитных формфакторов  $\Lambda_c$ -бариона.
- Предложена модель нуклон-антинуклонного взаимодействия в конечном состоянии, учитывающая разницу масс протона и нейтрона, а также кулоновское взаимодействие между протоном и антипротоном. Модель хорошо воспроизводит имеющиеся экспериментальные данные.
- Резкое падение сечений процессов  $e^+e^- \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)$ ,  $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)$  и  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-$  вблизи порога рождения нуклон-антинуклонных пар объяснено влиянием взаимодействия между виртуальными нуклоном и антинуклоном в промежуточном состоянии.
- С учётом нуклон-антинуклонного взаимодействия в конечном состоянии описаны зависимости от инвариантной массы  $p\bar{p}$  вероятностей распадов  $J/\psi \rightarrow p\bar{p}\gamma(\pi^0, \eta, \omega)$  и  $\psi(2S) \rightarrow p\bar{p}\gamma(\pi^0, \eta)$ , а также предсказаны угловые распределения в распадах  $J/\psi \rightarrow p\bar{p}\pi^0(\eta)$  и  $\psi(2S) \rightarrow p\bar{p}\pi^0(\eta)$ .
- Объяснена сложная зависимость от энергии сечений процессов  $e^+e^- \rightarrow V\bar{V}$ ,  $e^+e^- \rightarrow V^*\bar{V}$  и  $e^+e^- \rightarrow V^*\bar{V}^*$  вблизи порогов, связанная с взаимодействием  $V^{(*)}$  и  $\bar{V}^{(*)}$  мезонов и переходами между разными каналами.

- Изучено взаимодействие  $D^{(*)}$  и  $\bar{D}^{(*)}$  мезонов и дано объяснение нетривиальной зависимости от энергии сечений процессов  $e^+e^- \rightarrow D\bar{D}$ ,  $e^+e^- \rightarrow D^*\bar{D}$  и  $e^+e^- \rightarrow D^*\bar{D}^*$  вблизи порогов.

### **Соответствие содержания диссертации заявленной специальности**

Содержание диссертации соответствует указанной специальности 1.3.3. и теме диссертации. В диссертации разработан последовательный подход к описанию взаимодействия пар барионов или мезонов, рождающихся в процессе электрон-позитронной аннигиляции и других процессах вблизи порогов. Этот подход позволил объяснить нетривиальные зависимости сечений и вероятностей различных процессов в припороговой области.

### **Соответствие автореферата диссертации её содержанию**

В автореферате содержится достаточно полная информация о целях и задачах диссертационной работы, кратко изложено содержание диссертации и представлены основные результаты, указан список публикаций автора, содержащих результаты его работы. Автореферат диссертации в полной мере отражает её содержание.

### **Личный вклад соискателя в получении результатов исследования**

Основные результаты диссертации и положения, выносимые на защиту, получены автором лично или при его определяющем вкладе.

### **Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Работы, положенные в основу диссертации, неоднократно докладывались и обсуждались на научных семинарах в ведущих научных центрах и на 5 ведущих научных конференциях.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных результатов**

Развитый в диссертации подход позволил единым образом описать взаимодействие адронов в конечном состоянии в различных процессах рождения пар барионов и мезонов вблизи порогов. Проведенные в рамках этого подхода расчеты позволили объяснить резкие зависимости соответствующих сечений и вероятностей от энергии в припороговой области. К рассматриваемым процессам относятся, например, процессы электрон-позитронной аннигиляции в различные барионные и мезонные пары. Развитый метод позволяет также учитывать взаимодействие между виртуальными адронами в промежуточном состоянии, что играет важную роль в расчетах сечений процессов с рождением легких мезонов.

## Замечания по диссертационной работе

По диссертации можно сформулировать следующие замечания и вопросы:

1) В целом, диссертация написана достаточно хорошо. Компактность изложения материала делает ее очень удобной для чтения. В то же время, диссертация бы только выиграла, если бы некоторые вопросы были более подробно изложены в приложении, вместо того, чтобы отсылать читателя к оригинальным источникам. Это касается, например, вывода базовых уравнений многоканальной теории в первой главе, который можно было бы привести в приложении.

2) Как уже упоминалось выше, в первой главе диссертации приводится аргументация в пользу того, что, благодаря разделению масштабов, сильная зависимость от энергии сечения рождения адронов вблизи порога определяется именно взаимодействием адронов в конечном состоянии, в то время как зависимость от энергии амплитуды рождения кварков в рассматриваемой области (вблизи порога) крайне мала. Можно ли дать более строгие математические оценки, которые позволяли бы судить о границах применимости используемого в работе подхода?

3) В третьей главе отмечается, что параметры модели нуклон-антинуклонного взаимодействия, определяемые из нуклон-антинуклонного рассеяния и процессов рождения нуклон-антинуклонных пар в электрон-позитронной аннигиляции, могут быть существенно разными, давая при этом близкие значения  $\chi^2$ . При этом в диссертации демонстрируется хорошее согласие полученных результатов для парциальных сечений нуклон-антинуклонного рассеяния с соответствующими результатами неймегенской группы и говорится о расхождении с предсказаниями других моделей. Есть какие-либо дополнительные критерии в пользу рассматриваемой в диссертации модели, равно как и предсказаний неймегенской группы, по сравнению с другими моделями?

4) В диссертации неоднократно демонстрируется хорошее согласие с результатами неймегенской группы в тех случаях, когда сечение не является малым. Это касается, например, сравнения на рис. 4.1 и 4.5. В то же время расхождение для сечения перезарядки, которое является относительно малым, представляется довольно существенным. В чем может быть причина такого расхождения?

5) Хотелось бы увидеть пояснения по поводу численного выбора параметра  $s_0$  в дипольной параметризации формфактора  $\Lambda$ -гиперона (2.3) и количественное пояснение для утверждения о довольно слабой зависимости от выбора  $s_0$ . Затем, в (2.8) такой же численный выбор для  $s_0$  делается в случае  $\Lambda_c$ , что выглядит странно с физической точки зрения –  $c$ -кварк гораздо тяжелее  $u$ -

кварка, поэтому соответствующий лямбда-гиперон должен иметь заметно меньший электромагнитный радиус, что отвечает большему значению  $s_0$  в электромагнитном формфакторе. Далее, численный выбор  $s_0$  явно должен влиять на делаемое в диссертации предсказание энергии связанных состояний  $\Lambda\bar{\Lambda}$  и  $\Lambda_c\bar{\Lambda}_c$ . В какой степени эти предсказания меняются по мере "шевеления"  $s_0$ ?

6) В диссертации показано на многих примерах, как предложенный подход к описанию припороговых резонансов может объяснять экспериментальные данные, но из текста не очень ясно какие возможны предсказания в рамках изложенного подхода. Хотелось бы увидеть ясное обсуждение этой темы. Родственный вопрос можно сформулировать так: чем проведённые теоретические исследования могут быть полезны для экспериментаторов?

7) В работе [ALICE Collaboration, Nature 588 (2020) 232] исследовались корреляции между протоном и  $\Omega$ - (или  $\Xi$ -) гипероном в  $pp$  столкновениях при энергии в с.ц.м. 13 ТэВ на БАК. Оказалось, что на величину корреляционной функции большое влияние оказывает взаимодействие между протоном и  $\Omega$ - (или  $\Xi$ -) гипероном в конечном состоянии. Это позволило с большой точностью извлечь из измеренной корреляционной функции низкоэнергетический потенциал взаимодействия протона с  $\Omega$ - (и  $\Xi$ -) гипероном при относительном импульсе вплоть до 200 MeV, который, разумеется, экспериментально невозможно измерять в прямой реакции низкоэнергетического рассеяния протона на гипероне. Можно ли развитый в диссертации подход применить к этой задаче?

Разумеется, указанные замечания не влияют на общую очень высокую оценку диссертации.

## **Апробация и публикации научных материалов**

Основные результаты докладывались и обсуждались на многих конференциях. По теме диссертации опубликовано 14 научных статей в реферируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК.

## **Заключение**

Диссертация С.Г. Сальникова представляет собой законченную научную работу, направленную на развитие подхода к описанию взаимодействия между адронами в конечном состоянии в припороговой области в различных процессах. Разработанный метод успешно применен к описанию зависимости от энергии сечений рождения пар барионов и мезонов в электрон-позитронной аннигиляции и в других процессах.

Разработанный метод и результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы для исследований других подобных процессов в

припороговой области. В качестве организаций, где могут быть востребованы описанные в диссертации методы и результаты, можно указать: ИЯФ СО РАН, НИЦ «Курчатовский институт», ОИЯИ и другие организации, где ведутся соответствующие экспериментальные и теоретические исследования.

Диссертация С.Г. Сальникова «Припороговые резонансы в физике высоких энергий» соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. N 842 (в действующей редакции), а ее автор, Сальников Сергей Георгиевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

Отзыв составил профессор, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.02 – «Теоретическая физика»), профессор кафедры квантовой механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» Владимир Моисеевич Шабаев.

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены и одобрены на открытом заседании кафедры квантовой механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» протокол № 44/12/3-02-8 от 24 апреля 2026 г.

Заведующий кафедрой квантовой механики  
Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский  
государственный университет», профессор,  
доктор физико-математических наук

В.М. Шабаев

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Адрес: 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7-9.

Телефон (812) 328-97-01, e-mail: spbu@spbu.ru

