На правах рукописи

Сухачева Елена Сергеевна

ПРОСТРАНСТВА ФУНКЦИЙ, ЗАДАННЫЕ НА МОДИФИКАЦИЯХ ПРЯМОЙ ЗОРГЕНФРЕЯ

01.01.01 – Вещественный, комплексный и функциональный анализ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Томск – 2019

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» и Университете Руана.

Научные руководители: кандидат физико-математических наук, доцент **Хмылева Татьяна Евгеньевна**

Habilitation à diriger des recherches, Professeur des Universités **Бузиад Ахмед**

Официальные оппоненты:

Козлов Константин Леонидович, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра общей топологии и геометрии, профессор

Корытов Игорь Витальевич, кандидат физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отделение математики и информатики, доцент

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук»

Защита состоится 27 сентября 2019 г., в 14 ч. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.267.21, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина 36 (учебный корпус № 2 ТГУ, аудитория 304).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на официальном сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» www.tsu.ru.

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте ТГУ: http://www.ams.tsu.ru/TSU/QualificationDep/co-searchers.nsf/newpublicationn/SukhachevaES27092019.html

Автореферат разослан « ___ » июля 2019 года.

Ученый секретарь диссертационного совета — Малютина Александра Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена изучению пространств непрерывных функций, заданных на линейно упорядоченных пространствах. Пространство функций наделено топологией поточечной сходимости, а топология в линейно упорядоченных пространствах определяется с помощью порядка. Решается вопрос о линейной гомеоморфности пространств функций, заданных на линейно упорядоченных пространствах. Также в работе дается характеризация функций первого класса Бэра, заданных на линейно упорядоченных пространствах.

Актуальность темы исследования.

Пространства непрерывных функций $C(X)$ – это классический объект в топологии и функциональном анализе. В последние годы активно изучаются свойства пространств непрерывных функций $C_p(X)$, наделенных топологией поточечной сходимости. В частности, большое внимание уделяется вопросам классификации пространств непрерывных функций. Частным случаем линейно упорядоченных пространств являются вполне упорядоченные пространства. Этот важный класс пространств включает в себя, например, все счетные метрические компакты. Счетные локально компактные метризуемые пространства также описываются с помощью вполне упорядоченных топологических пространств. Большой вклад в изучение этих пространств и классификацию пространств непрерывных функций на вполне упорядоченных компактах внесли польские математики C. Бессаги, А. Пелчинский[1)] и З. Семадени[2)]. В настоящее время изучение этих пространств продолжает вызывать глубокий интерес у широкого круга исследователей. Вопрос о классификации $C_p(X)$ и $C_p(Y)$ неразрывно связан с вопросом о гомеоморфности

1) Bessaga C., Pelczynski C. On isomorphic classification of spaces of continuous functions// Studia Math. – 1960. – Vol. 19. – P. 53–62.

2) Semadeni Z. Banach spaces non-isomorphic to their Cartesian product // Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Math. Stron. et Phys. – 1960. – Vol. 8. – P. 81–84.

пространств X и Y, который является одним из основных вопросов теории топологических пространств.

Классическим примером топологического пространства с порядковой топологией является вещественная прямая, наделенная евклидовой топологией или, что тоже самое, порядковой топологией. Но с помощью естественного порядка во множестве вещественных чисел R можно задать и другие топологии. Естественные способы определить топологии, задаваемые с помощью порядка, – это задавать базу окрестностей точек с помощью интервалов (a, b), левых и правых полуинтервалов $(a, b]$ и $[a, b)$ или объявить точки изолированными. Исследования свойств таких пространств можно встретить, например, в работе 1974 года М. Дж. Фабера[3)]. Хорошо известным примером такого пространства является пространство S, где S – это числовая прямая с топологией, базу которой образуют все полуинтервалы вида $(a, b]$, где a, b принадлежат R. Это пространство впервые было рассмотрено в работе Р. Зоргенфрея в 1947 году[4)] в качестве контрпримера, показывающего, что квадрат паракомпакта может быть не нормальным. Впоследствии пространство S назвали прямой Зоргенфрея или «стрелкой». Но это пространство встречается и в книге «Мемуар о компактных топологических пространствах» П. С. Александрова и П. С. Урысона[5)]. Авторы рассматривают топологическое пространство «двойная стрелка Александрова» или, как его еще называют, «две стрелки», которое служит примером сепарабельного совершенного компакта с первой аксиомой счетности, но без второй аксиомы счетности. При этом пространство «две стрелки» является объединением двух своих всюду плотных подпространств, каждое из которых в индуцированной топологии гомеоморфно прямой Зоргенфрея.

---

3) Faber M.J. Metrizability in General Ordered Spaces / M.J. Faber // Mathematical Centre tracts. – Amsterdam : Mathematisch Centrum, 1974. – Vol. 53. – 120 p.

4) Sorgenfrey R.H. On the topological product of paracompact spaces / R.H. Sorgenfrey // Bulletin of the American Mathematical Society. – 1947. – Vol. 53. – P. 631–632.

5) Александров П.С. Мемуар о компактных топологических пространствах / П.С. Александров, П.С. Урысон. – М.: Наука, 1971. – 144 с.

На данный момент прямая Зоргенфрея достаточно хорошо изучена, и в последние годы появились работы о различных естественных модификациях топологий, задаваемых с помощью порядка. В настоящей работе рассматриваются модификации прямой Зоргенфрея и пространства Хаттори. Для произвольного подмножества $A \subset R$ модификация прямой Зоргенфрея S_A представляет собой множество вещественных чисел, топология в котором порождена базой окрестностей, состоящей из левых полуинтервалов $(a,b]$, a, b принадлежат R, для точек x принадлежащих множеству A и состоящей из правых полуинтервалов $[c, d)$, где c, d принадлежат R, для точек x принадлежащих множеству $R \backslash A$. Для произвольного подмножества $A \subset R$ пространство Хаттори $H(A)$ является топологическим пространством, в котором база окрестностей точек x, принадлежащих множеству A, совпадает с базой окрестностей евклидовой топологии, а база окрестностей точек x, принадлежащих $R \backslash A$, совпадает с базой окрестностей прямой Зоргенфрея. Пространства Хаттори или, как их еще называют, H-пространства, были введены японским математиком Хаттори в 2010 г.[6)] и изучались в работах В. А. Чатырко, У. Хаттори[7)], Ф. Ж. Мукхмадаева, Н. К. Мумадалиева[8)], Дж. Кулесзы[9)].

Важным объектом изучения является также и некоторые классы пространств разрывных функций, в частности классическое пространство функций первого класса Бэра $B_1(X)$. Хорошо известны теоремы Лебега и Бэра, характеризующие функции первого класса Бэра, заданные на польских пространствах. Вопрос о характеризации функций первого класса Бэра на более широких классах неметризуемых пространств остается открытым. Тот факт, что пространства $B_1(R)$ и $B_1(S)$ различны ввиду того, что $B_1(R)$

6) Hattori Y. Order and topological structures of posets of the formal balls on metric spaces / Y. Hattori // Memoirs of the Faculty of Science and Engineering Shimane University. Series B. Mathematical Science. – 2010. – Vol. 43. – P. 13–26.

7) Chatyrko V.A. A poset of topologies on the set of real numbers / V.A. Chatyrko, Y. Hattori // Commentationes Mathematicae Universitatis Carolinae. – 2013. – Vol. 54 (2). – P. 189–196.

8) Mukhamadiev F.G. Cardinal properties of Hattori spaces on the real lines and their superextensions / F.G. Mukhamadiev, N.K. Mamadaliev // Mathematica Aeterna. – 2014. – Vol. 4, №. 5. – P. 465–475.

9) Kulesza J. Results on spaces between the Sorgenfrey and usual topologies on R / J. Kulesza // Topology and its Applications. – 2017. – Vol. 231 (1). – P. 266–275.

секвенциально сепарабельно, а $B_1(S)$ – нет, был показан в работе 2017 года А. В. Осиповым и Е. Г. Пыткеевым[10].

Цели и задачи диссертационной работы:

Целью диссертационной работы является изучение пространств непрерывных функций, заданных на линейно упорядоченных пространствах и наделенных топологией поточечной сходимости, а также функций первого класса Бэра, заданных на этих пространствах. К основным задачам данной диссертационной работы относятся следующие:

1. исследовать свойства модификаций прямой Зоргенфрея: совершенная нормальность, наследственная линделефовость, наследственная сепарабельность, наследственная бэровость, полнота по Чеху, локальная компактность, тотальная несовершенность (т.е. любой компакт является счетным или конечным);

2. исследовать свойства пространств Хаттори: совершенная нормальность, наследственная линделефовость, наследственная сепарабельность, наследственная бэровость, полнота по Чеху, локальная компактность, тотальная несовершенность; получить условия, при которых пространства Хаттори обладают счетной базой, являются польскими пространствами; получить необходимые и достаточные условия гомеоморфности прямой Зоргенфрея и ее модификации S_A;

3. получить необходимые и достаточные условия гомеоморфности прямой Зоргенфрея и пространства Хаттори $H(A)$;

4. получить необходимые и достаточные условия гомеоморфности модификации прямой Зоргенфрея S_A и S_Q, где Q – множество рациональных чисел;

10) Osipov A.V. On sequential separability of functional spaces / A.V. Osipov, E.G. Pytkeev // Topology and its Applications. – 2017. – Vol. 221. – P. 270–274.

5. получить необходимые и достаточные условия l-эквивалентности пространств непрерывных функций, заданных на прямой Зоргенфрея и ее модификации S_A;

6. описать функции первого класса Бэра, заданные на прямой Зоргенфрея, ее модификациях S_A и пространствах Хаттори $H(A)$.

Методология и методы исследования: в работе используются методы топологии и функционального анализа: метод трансфинитной индукции, арифметика порядковых чисел, метод перехода к сопряженным пространствам при установлении l-эквивалентности, вычеты множества (введенные Хаусдорфом), метод разбиения линейно упорядоченного пространства на замкнутые подмножества, на которых функция монотонна.

Научная новизна: В данной работе рассматриваются некоторые классические задачи о существовании гомеоморфизма между линейно упорядоченными пространствами с топологией, определяемой порядком. В частности, определяется пространство S_A — модификация прямой Зоргенфрея, ранее в литературе не рассматриваемое. Получен критерий гомеоморфности прямой Зоргенфрея и ее модификации S_A. В работе У. Хаттори определил модификацию евклидовой прямой $H(A)$, которую называют H-пространством или пространством Хаттори. В данной работе независимо от работы Дж. Кулеса, другим методом, с использованием концепции Е. В. Щепина[11)] о ёмкости, было получено необходимое условие гомеоморфности пространств Хаттори и прямой Зоргенфрея. Доказана теорема о необходимом и достаточном условии существования линейного гомеоморфизма между пространствами непрерывных функций, заданных на прямой Зоргенфрея и ее модификациях, и наделенных топологией поточечной сходимости. Получена характеристика функций первого класса Бэра, заданных на пространствах, одновременно являющихся наследственно бэровскими и наследственно линделефовыми. В

11) Щепин Е.В. О топологических произведениях, группах и новом классе пространств, более общих, чем метрические / Е.В. Щепин // ДАН СССР. – 1976. – Т. 226, № 3. – С. 527–529.

частности, получена характеристика функций первого класса Бэра, заданных на прямой Зоргенфрея, ее модификациях и пространствах Хаттори.

Положения, выносимые на защиту:

1. свойства модификаций прямой Зоргенфрея: модификация прямой Зоргенфрея S_A для любого $A \subset R$ является совершенно нормальным, наследственно линделефовым, не удовлетворяющим второй аксиоме счетности, наследственно сепарабельным, тотально несовершенным, наследственно бэровским, не полным по Чеху, не локально компактным пространством;

2. свойства пространств Хаттори: пространство Хаттори $H(A)$ для любого $A \subset R$ является совершенно нормальным, наследственно линделефовым, наследственно сепарабельным, наследственно бэровским и является удовлетворяющим второй аксиоме счетности тогда и только тогда, когда множество $R \backslash A$ не более чем счетно, тотально несовершенным тогда и только тогда, когда $A \subset R$ тотально несовершенно, слабо отделенным тогда и только тогда, когда $A \subset R$ разреженное в топологии «левой стрелки» S, полным по Чеху тогда и только тогда, тогда $R \backslash A$ счетно, польским тогда и только тогда, тогда $R \backslash A$ счетно, локально компактным тогда и только тогда, когда $R \backslash A$ замкнуто в R и дискретно в S.

3. необходимое условие гомеоморфности прямой Зоргенфрея и пространств Хаттори;

4. критерий гомеоморфности прямой Зоргенфрея и ее модификаций;

5. критерий гомеоморфности модификаций прямой Зоргенфрея S_A, когда множество $A \subset R$ - счетно, и модификации прямой Зоргенфрея на множестве рациональных точек S_Q;

6. критерий l-эквивалентности пространств непрерывных функций, заданных на прямой Зоргенфрея и ее модификациях;

7. характеристика функций первого класса Бэра, заданных на прямой Зоргенфрея, ее модификациях и пространствах Хаттори.

Теоретическая и практическая значимость. Диссертация вносит вклад в изучение свойств линейно упорядоченных пространств, пространств функций, заданных на них.

Полученные результаты могут использоваться в научных исследованиях и спецкурсах для студентов и аспирантов механико-математических факультетов, специализирующихся по топологии и функциональному анализу.

Степень достоверности. Все полученные в диссертации результаты имеют строгое математическое обоснование в форме теорем.

Апробация работы.

Основные результаты диссертации обсуждались на научном семинаре кафедры математического анализа и теории функций ММФ ТГУ (руководитель профессор С.П. Гулько) и докладывались на научных конференциях:

1. Научная конференция механико-математического факультета ТГУ. Томск, 24-30 апреля 2014 г.
2. IV Международная молодежная научная конференция «Актуальные проблемы современной механики». Томск, 17-19 ноября 2014 г.
3. 53-я Международная научная студенческая конференция МНСК-2015. Новосибирск 11-17 апреля 2015 г.
4. Молодежная научная конференция «Все грани математики и механики». Томск 24-30 апреля 2015 г.
5. Международная (47-я Всероссийская) молодежная школа-конференция «Современные проблемы математики и ее приложений». Екатеринбург, 31 января – 06 февраля 2016 г.
6. 54-я Международная научная студенческая конференция МНСК-2016. Новосибирск, 16-20 апреля 2016 г.
7. Международная научная конференция «Александровские чтения-2016». Москва, 22-26 мая 2016 г.
8. 12th Symposium on General Topology and ils Relations to Modern Analysis and Algebra TOPOSYM 2016. Prague, Czech Republic, July 25-29, 2016.

9. 55-я Международная научная студенческая конференция МНСК-2017. Новосибирск, 17-20 апреля 2017 г.

10. Journee de la Federation de Recherche Normandie Mathematiques. Madrillet, Universite de Rouen, Saint-Etienne-du-Rouvray, France, 13 juin 2017.

11. International Conference in Functional Analysis dedicated to the 125th anniversary of Stefan Banach. Lviv, Ukraine, September 18-23, 2017.

12. 56-я Международная научная студенческая конференция МНСК-2018. Новосибирск, 22-27 апреля 2018 г.

13. Международная конференция «Топологическая алгебра и теоретико-множетвенная топология» посвященная 80-летию профессора А. В. Архангельского. Москва, 23-28 августа 2018 г.

14. Всероссийская конференция по математике и механике, посвященная 140-летию Томского государственного университета и 70-летию механико-математического факультета. Томск, 02-04 октября 2018 г.

Публикации. Основные результаты диссертации представлены в трудах перечисленных выше конференций, в том числе пять работ [1]–[5] в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Диссертация изложена на 82 страницах. Библиография включает 45 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрывается актуальность исследуемой проблемы, приводится обзор известных результатов, формулируется цель и излагается содержание работы, обосновывается теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В **первой главе** устанавливаются свойства модификаций прямой Зоргенфрея и пространств Хаттори.

Получено, что модификация прямой Зоргенфрея S_A для любого $A \subset R$ является совершенно нормальным, наследственно линделефовым, не удовлетворяющим второй аксиоме счетности, наследственно сепарабельным, тотально несовершенным (т.е. любой компакт является счетным или конечным), наследственно бэровским, не полным по Чеху, не локально компактным пространством.

Получено, что пространство Хаттори $H(A)$ для любого $A \subset R$ является совершенно нормальным, наследственно линделефовым, наследственно сепарабельным, наследственно бэровским и является удовлетворяющим второй аксиоме счетности тогда и только тогда, когда множество $R \setminus A$ не более чем счетно, тотально несовершенным тогда и только тогда, когда $A \subset R$ тотально несовершенно, слабо отделенным тогда и только тогда, когда $A \subset R$ леворазреженное, полным по Чеху тогда и только тогда, тогда $A \subset R$ счетно (следовательно, $H(A)$ является польским), локально компактным тогда и только тогда, когда $R \setminus A$ замкнуто в R и дискретно в S.

Во **второй главе** доказана теорема о гомеоморфности прямой Зоргенфрея и ее модификаций, прямой Зоргенфрея и пространством Хаттори и некоторые частные случаи гомеоморфности различных модификаций прямой Зоргенфрея.

В параграфе 2.1 рассматривается вопрос о гомеоморфности прямой Зоргенфрея и ее модификаций. Основным результатом этого параграфа является следующая теорема.

Теорема 2.1. Пусть A - некоторое подмножество вещественной прямой. Следующие условия эквивалентны:

(1) пространства S_A и S гомеоморфны;

(2) не существует непустого подмножества $V \subset A$, замкнутого в A и такого, что $\bar{V} = \overline{\bar{V} \setminus V}$;

(3) множество A является множеством типа F_σ и G_δ в R.

В параграфе 2.2 рассматривается вопрос о гомеоморфности модификаций прямой Зоргенфрея S_A и S_B для различных подмножеств прямой A и B. Для счетных множеств $A \subset R$ получены необходимое и достаточное условия, при котором пространство S_A гомеоморфно пространству S_Q., где Q – множество рациональных чисел.

Теорема 2.5. Пусть A счетное подмножество вещественной прямой. Пространство S_A гомеоморфно пространству S_Q тогда и только тогда, когда подмножество $A \subset R$ всюду плотно в S.

Теорема 2.6. Пусть A и его дополнение $S \backslash A$ - несчетные в любом интервале (a, b) в S, а подмножество $D \subset S$ - счетно. Тогда пространства S_A и S_D не гомеоморфны.

В параграфе 2.2 доказывается необходимое условие гомеоморфности пространств Хаттори и прямой Зоргенфрея с использованием концепции Е. В. Щепина о ёмкости.

Предложение 2.11. Пусть множество $A \subset R$ такое, что пространства $H(A)$ и S гомеоморфны. Тогда A - разреженное.

В **третьей главе** получены необходимое и достаточное условия линейной гомеоморфности пространств непрерывных функций, заданных на прямой Зоргенфрея и ее модификациях.

Теорема 3.2. Пусть $A \subset R$. Следующие условия равносильны:

(i) пространства S и S_A гомеоморфны;

(ii) пространства $C_p(S)$ и $C_p(S_A)$ линейно гомеоморфны.

В **четвертой главе** получена характеристика функций первого класса Бэра на некотором классе неметризуемых пространств, а именно, доказаны аналоги критериев Лебега и Бэра для функций первого класса Бэра, заданных на пространствах, являющихся одновременно наследственно линделефовыми и наследственно бэровскими пространствами.

Теорема 4.4. Пусть пространство X наследственно линделефово и наследственно бэровское. Функция $f\colon X \to R$ принадлежит $B_1(X)$ тогда и только тогда, когда для любого непустого замкнутого подмножества $F \subset X$ функция $f|_F$ имеет точку непрерывности.

Из этой теоремы получена характеристика функций первого класса Бэра, заданных на прямой Зоргенфрея, ее модификациях и пространствах Хаттори.

Теорема 4.5. Пусть $A \subset R$ - произвольное подмножество и $E=S_A$ или $E=H(A)$. Функция $f\colon E \to R$ принадлежит $B_1(E)$ тогда и только тогда, когда для любого непустого замкнутого подмножества $F \subset E$ функция $f|_F$ имеет точку непрерывности.

В заключении формулируются основные результаты диссертации и указываются на еще не решенные вопросы.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основные положения диссертации изложены в следующих **публикациях:**

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Сухачева Е. С.** О некоторых линейно упорядоченных топологических пространствах, гомеоморфных прямой Зоргенфрея / Е. С. Сухачева, Т. Е. Хмылева // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2014. – № 5 (31) – С. 63–68. – 0,32/ 0,16 а.л.

2. Bouziad A. On Hattori spaces / A. Bouziad, **E. Sukhacheva** // Commentationes Mathematicae Universitatis Carolinae. – 2017. – Vol. 58, № 2. – P. 213–223. – DOI: 10.14712/1213-7243.2015.199. – 0,71 / 0,36 а.л. (*Web of Science*).

3. **Сухачева Е. С.** О модификациях прямой Зоргенфрея / Е. С. Сухачева, Т. Е. Хмылева // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2017. – № 46. – С. 36–40. – DOI: 10.17223/19988621/46/5. – 0,3 / 0,15 а.л.

Scopus:

Sukhacheva E. S. On modification of the Sorgenfrey line / E. S. Sukhacheva, T. E. Khmyleva // Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta, Matematika i Mekhanika – Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics. – 2017. – № 46. – P. 36–40.

4. **Сухачева Е. С.** О гомеоморфизме прямой Зоргенфрея S и ее модификации S_p / Е. С. Сухачева, Т. Е. Хмылева // Математические заметки. – 2018. – Т. 103, № 2. – С. 258–272. – DOI: 10.4213/mzm11871. – 0,85 / 0,43 а.л.

Web of Science:

Sukhacheva E. S. On a Homeomorphism between the Sorgenfrey Line S and Its Modification S (P) / E. S. Sukhacheva, T. E. Khmyleva // Mathematical Notes. – 2018. – Vol. 103, № 1–2. – P. 259–270. – DOI: 10.1134/S0001434618010273.

5. **Сухачева Е. С.** О функциях первого класса Бэра на некоторых классах неметризуемых пространств / Е. С. Сухачева // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2018. – № 53. – С. 39–46. – DOI: 10.17223/19988621/53/4. – 0,5 а.л.

Web of Science:

Sukhacheva E. S. On first Baire class functions defined on some classes of nonmetrizable spaces / E. S. Sukhacheva // Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta, Matematika i Mekhanika – Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics. – 2018. – № 53. – P. 39–46.

Публикации в других научных изданиях:

6. **Сухачева Е. С.** Линейно упорядоченные пространства, гомеоморфные прямой Зоргенфрея / Е. С. Сухачева // Научная конференция студентов механико-математического факультета ТГУ : сборник конференции. Томск, 24–30 апреля 2014 г. – Томск, 2014. – С. 70–71. – 0,05 а.л.

7. **Сухачева Е. С.** О гомеоморфизмах некоторых модификаций прямой Зоргенфрея / Е. С. Сухачева, Т. Е. Хмылева // Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики : материалы IV Международной молодежной научной конференции. Томск. 17–19 ноября 2014 г. – Томск, 2014. – С. 111–112. – 0,05 / 0,03 а.л.

8. **Сухачева Е. С.** О гомеоморфизмах некоторых модификаций прямой Зоргенфрея / Е. С. Сухачева // МНСК-2015: Математика : материалы 53-й Международной научной студенческой конференции. Новосибирск, 11–17 апреля 2015 г. – Новосибирск, 2015. – С. 59. – 0,05 а.л.

9. **Сухачева Е. С.** Гомеоморфность подмножеств «двойной стрелки» / Е. С. Сухачева // Все грани математики и механики : сборник тезисов молодежной научной конференции. Томск 24–30 апреля 2015 г. – Томск, 2015 – С 92. – 0,03 а.л.

10. **Сухачева Е. С.** Гомеоморфность подмножеств «двойной стрелки» / Е. С. Сухачева, Т. Е. Хмылева // Все грани математики и механики : сборник тезисов молодежной научной конференции. Томск 24–30 апреля 2015 г. – Томск, 2015 – С. 180–182. – 0,11 / 0,05 а.л.

11. **Сухачева Е. С.** Гомеоморфность прямой Зоргенфрея и ее модификаций / Е. С. Сухачева // МНСК-2016: Математика : материалы 54-й Международной научной студенческой конференции. Новосибирск, 16–20 апреля 2016 г. – Новосибирск, 2016. – С. 36. – 0,04 а.л.

12. **Сухачева Е. С.** О гомеоморфизме прямой Зоргенфрея и ее модификации S_p / Е. С. Сухачева, Т. Е. Хмылева // Александровские чтения-2016 : тезисы докладов международной научная конференция. Москва 22–26 мая 2016 г. – Москва, 2016. – С. 28–29. – 0,02 / 0,01 а.л.

13. **Sukhacheva E.** On Hattori spaces / E. Sukhacheva // TOPOSYM 2016 : book of Abstracts of the 12th Symposium on General Topology and its Relations to Modern Analysis and Algebra. Prague, Czech Republic, 25–29 July 2016. – Prague, 2016 – P. 177. – 0,01 а.л.

14. **Сухачева Е. С.** Критерий гомеоморфности прямой Зоргенфрея и ее модификации S_A / Е. С. Сухачева // МНСК-2017: Математика : материалы 55-й Международной научной студенческой конференции. Новосибирск, 17–20 апреля 2017 г. – Новосибирск, 2017 – С. 46. – 0,05 а.л.

15. **Сухачева Е. С.** О плотности точек непрерывности функций первого класса Бэра / Е. С. Сухачева // МНСК-2018: Математика : материалы 56-й Международной научной студенческой конференции. Новосибирск, 22–27 апреля 2018 г. – Новосибирск, 2018 – С. 20. – 0,05 а.л.

16. Khmyleva T. On space of continuous functions given on certain modications of linearly ordered spaces / T. Khmyleva, **E. Sukhacheva** // Topological Algebra and Set-Theoretic Topology : proceedings of the International Conference dedicated to Professor A. V. Arhangel'skii's 80th birthday. Moscow, August 23–28, 2018. – Moscow, 2018. – P. 60–61. – 0,04 / 0,02 а.л.

17. **Сухачева Е. С.** О функциях первого класса Бэра на стрелке и ее модификациях / Е. С. Сухачева // Всероссийская конференция по математике и механике, посвященная 140-летию Томского государственного университета и 70-летию механико-математического факультета : сборник тезисов докладов. Томск, 02–04 октября 2018 г. – Томск, 2018. – С. 92–93. – 0,05 а.л.

18. **Сухачева Е. С.** Компактификации прямой Зоргенфрея / Е. С. Сухачева, А. А. Федоров // Всероссийская конференция по математике и механике, посвященная 140-летию Томского государственного университета и 70-летию механико-математического факультета : сборник тезисов докладов. Томск, 02–04 октября 2018 г. – Томск, 2018. – С. 93–94. – 0,03 / 0,15 а.л.

Издание подготовлено в авторской редакции.
Отпечатано на участке цифровой печати
Издательского Дома Томского государственного университета
Заказ № 3904/19 от «11» июля 2019 г. Тираж 100 экз.
г. Томск Московский тр.8 тел. 53-15-28