Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. Н. Дранишников, О теории продолжения отображений компактов, *УМН*, 1998, том 53, выпуск 5, 65–72

DOI: <https://doi.org/10.4213/rm70>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 3.85.183.62

26 апреля 2023 г., 18:09:10

УДК 515.122.252

О ТЕОРИИ ПРОДОЛЖЕНИЯ ОТОБРАЖЕНИЙ КОМПАКТОВ

А. Н. ДРАНИШНИКОВ

СОДЕРЖАНИЕ

§ 1. Введение	65
§ 2. Теорема Рубина–Шапиро и двойственная к ней	68
§ 3. Теорема о букете	70
Список литературы	71

§ 1. Введение

Задача продолжения на топологическом пространстве X по отношению к пространству K – это диаграмма

$$\begin{array}{ccc} A & \xrightarrow{f} & K \\ i \downarrow & & \\ X & & \end{array},$$

где $i: A \rightarrow X$ – замкнутое вложение, f – непрерывное отображение. *Решением* этой задачи продолжения служит непрерывное продолжение $\bar{f}: X \rightarrow K$ отображения $f: \bar{f} \circ i = f$. В этой статье мы рассматриваем только задачи продолжения в локально “хорошие” пространства K , такие как CW -комплексы или ANE -пространства. Мы напомним, что пространство K называется *абсолютным экстензором для класса* пространств $\mathcal{C}$, если все задачи продолжения на X по отношению к K для всех $X \in \mathcal{C}$ имеют решения. Обозначаем это как $K \in AE(\mathcal{C})$. Если мы интересуемся только продолжениями на некоторую открытую окрестность, мы получаем понятие $ANE(\mathcal{C})$ – *абсолютного окрестностного экстензора для класса* $\mathcal{C}$. Теорема Борсука о продолжении гомотопии утверждает, что разрешимость задачи продолжения $f: A \rightarrow K$ в CW -комплекс K для любого (нормального) пространства X зависит только от гомотопического класса отображения f .

В случае, когда K является простым комплексом, а X – метрическим компактом размерности $\dim X < \infty$, разрешимость задачи продолжения может быть определена на языке теории препятствий [1]. В общем случае картина далека от ясности.

Работа выполнена при частичной поддержке NSF (грант № DMS-9696238).

В двадцатые годы П. С. Александров (см. [2]) охарактеризовал лебегову размерность компактов в терминах продолжения отображений в сферы:

$\dim X \leq n \iff$ все задачи продолжения на X отображений в n -сферу S^n разрешимы.

Когомологическая размерность может быть определена подобным образом:

$\dim_G X \leq n \iff$ все задачи продолжения на X отображений в комплекс Эйленберга–Маклейна $K(G, n)$ разрешимы.

По аналогии, для любого пространства W мы обозначаем через $e\text{-dim } X \leq W$ свойство

(*) все задачи продолжения на X отображений в W разрешимы.

Это свойство обозначалось Куратовским как $X \tau W$. Другое обозначение для этого свойства – $W \in AE(X)$ вполне осмысленно: “ W является абсолютным ретрактом для класса, состоящего ровно из одного пространства X ”. Здесь мы предпочитаем обозначение $e\text{-dim } X \leq W$, так как оно также осмысленно и делает акцент на X . Итак, $\dim X \leq n \iff e\text{-dim } X \leq S^n$ и $\dim_G X \leq n \iff e\text{-dim}_G X \leq K(G, n)$.

Необходимость в глубоком изучении свойства $e\text{-dim } X \leq W$ естественно возникает для метрического компакта X и открытого многообразия W в *проблеме пересечения отображений* [3], [4]. Теория была успешно развита до того места, которое позволило решить эту проблему во всех случаях, за исключением одного [5], [6]. Она получила имя “Теория Продолжения”. Остающийся случай требует теории продолжения для неодносвязного W . Главное препятствие здесь следующее.

ПРОБЛЕМА 1. *Вытекает ли из условия $\dim_{\mathbb{Z}_2} X \leq 1$ условие $e\text{-dim } X \leq \mathbb{RP}^2$?*

Теория продолжения получила развитие во многих направлениях, она распространена на сепарабельные метрические пространства [7] и даже на более общие пространства [8]. Недавние результаты М. Левина позволяют распространить ее на все метризуемые пространства [9]. Вот некоторые результаты теории продолжения, делающие ее нетривиальной.

ТЕОРЕМА 1 ([4]). *Пусть $F: \sigma\text{-Comp} \rightarrow \sigma\text{-Comp}$ – нормальный функтор с конечными носителями. Тогда $e\text{-dim } X \leq K$ влечет $e\text{-dim } X \leq F(K)$.*

ТЕОРЕМА 2 ([10]). *Для любого сепарабельного метрического пространства X и любого счетного комплекса K с $e\text{-dim } X \leq K$ существует пополнение $\overline{X}$ пространства X с $e\text{-dim } \overline{X} \leq K$.*

ТЕОРЕМА 3 ([5]). *Допустим, что $e\text{-dim } X \leq K * L^1$ для метрического компакта X и счетных комплексов K и L . Тогда существует такое F_σ множество $Y \subset X$, что $e\text{-dim } Y \leq K$ и $e\text{-dim}(X \setminus Y) \leq L$.*

¹Здесь $K * L$ обозначает джойн комплексов K и L .

ТЕОРЕМА 4 ([11]). *Допустим, что $e\text{-dim } Y \leq K$ и $e\text{-dim}(X \setminus Y) \leq L$ для некоторого подмножества $Y \subset X$. Тогда $e\text{-dim } X \leq K * L$.*

ТЕОРЕМА 5 ([12]). *Пусть $f: X \rightarrow Y$ нульмерное отображение компактов, и пусть $e\text{-dim } Y \leq K$. Тогда $e\text{-dim } X \leq K$ для любого комплекса K .*

Все эти результаты, исключая теорему 1, являются аналогами соответствующих результатов в теории размерности. Чтобы помочь читателю увидеть правильную размерно-теоретическую интерпретацию теорем 3 и 4, заметим, что $S^k * S^l = S^{k+l+1}$. Теорема 1 применительно к функтору SP^∞ бесконечной симметрической степени, играет ключевую роль в доказательстве следующей теоремы.

ТЕОРЕМА 6 ([4]). *Для конечномерного компакта X и простого CW -комплекса K следующие условия эквивалентны:*

- (1) $e\text{-dim } X \leq K$,
- (2) $\dim_{H_i(K)} X \leq i$.

Заметим, что в [4] эта теорема сформулирована для односвязного K . Однако доказательство, приведенное там, проходит для простого K .

Также упомянем два результата из теории продолжения, связанных с метризуемостью.

ТЕОРЕМА 7 ([13]). *Пусть K – некоторый CW -комплекс и X – компакт² с $e\text{-dim } X \leq K$. Допустим, что X является абсолютным экстензором для класса компактов Y с $e\text{-dim } Y \leq K$, $X \in AE([K])$. Тогда X метризуем.*

ТЕОРЕМА 8 ([17]). *Пусть X компакт с $e\text{-dim } X \leq K$ и пусть $f: X \rightarrow Y$ является отображением в метрическое пространство Y . Тогда отображение f можно факторизовать через метризуемый компакт Z со свойством $e\text{-dim } Z \leq K$.*

Оба результата аналогичны соответствующим результатам теории размерности. Теорема 7 является аналогом факта, что всякий n -мерный компактный абсолютный экстензор в размерности n метризуем [14]. Теорема 8 – аналог факторизационной теоремы Мардешича [2]. В обеих теоремах имеется “естественное” предположение, что K – счетный комплекс. Недавно Рубин и Шапиро [15], [16] сделали невероятное открытие, что предположение счетности K в этой теореме излишне. В этой работе мы рассматриваем следствия их открытия для теории продолжения.

Пусть $\mathcal{B}$ – класс компактов и пусть $\mathcal{W}$ – класс CW -комплексов. Определим предпорядок $\leq_{\mathcal{B}}$ на $\mathcal{W}$ так:

$$K \leq_{\mathcal{B}} L, \text{ если и только если } K \in AE(X) \implies L \in AE(X) \text{ для любого } X \in \mathcal{B}.$$

Этот предпорядок определяет отношение эквивалентности $\sim$ на $\mathcal{W}$ и частичный порядок на $\mathcal{W}/\sim$. Класс комплекса K обозначается $[K]$ и называется *экстенсивным типом* комплекса K . Гомотопически эквивалентные комплексы имеют одинаковые экстенсивные типы (для любого $\mathcal{B}$). Обратное неверно: $[S^n] = [S^n \vee S^n]$.

²Компактом в данной статье называется компактное хаусдорфово пространство, возможно, неметризуемое.

Заметим, что $e\text{-dim } X \leq \bigvee_{\alpha \in A} K_\alpha \iff e\text{-dim } X \leq K_\alpha$ для всех $\alpha \in A$. Это влечет, что $[\bigvee_{\alpha \in A} K_\alpha]$ является нижней гранью семейства $\{[K_\alpha] \mid \alpha \in A\}$. Если $\mathcal{W}$ замкнуто относительно операции взятия букета семейства комплексов, тогда каждое семейство $F \subset \mathcal{W}/\sim$ имеет нижнюю грань. В этом случае мы можем определить экстенциональную размерность $e\text{-dim}$ как функцию на $\mathcal{B}$, принимающую значения в $\mathcal{W}/\sim$, так что $e\text{-dim } X = \inf\{[K] \mid e\text{-dim } X \leq K\}$. Тогда свойство $e\text{-dim } X \leq K$ в точности означает неравенство $e\text{-dim } X \leq_{\mathcal{B}} [K]$.

Для класса $\mathcal{W}^s$ односвязных (или, более общо, простых) CW -комплексов и конечномерных компактов $\mathcal{F}$ упорядоченное множество $(\mathcal{W}^s, \leq_{\mathcal{F}})$ хорошо изучено ([6], [17]–[19]). В этой статье мы рассматриваем класс $\mathcal{W}$ всех CW -комплексов и класс $\mathcal{C}$ всех компактов. Через $\mathcal{W}_0$ и $\mathcal{C}_0$ обозначаем класс всех счетных CW -комплексов и класс метризуемых компактов соответственно. Известно, что отображение $e\text{-dim}: \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{W}/\sim$ эпиморфно. Следующий вопрос до сих пор открыт.

ПРОБЛЕМА 2 ([20]). *Можно ли $e\text{-dim } X$ реализовать посредством счетного комплекса для метрического компакта X ?*

В теории продолжения имеется еще не формализованная двойственность между комплексами и CW -комплексам [20]. Двойственной к проблеме 2 является

ПРОБЛЕМА 3. *Дан счетный комплекс K . Существует ли метризуемый компакт X с $e\text{-dim } X = [K]$?*

§ 2. Теорема Рубина–Шапиро и двойственная к ней

В этом параграфе мы дадим доказательство факторизационной теоремы Рубина–Шапиро, которое можно естественным образом дуализовать, и затем докажем двойственную теорему.

ТЕОРЕМА 9 ([15], [16]). *Допустим, что $M \in \mathcal{W}$, $X \in \mathcal{C}$ и $e\text{-dim } X \leq M$. Тогда для любого отображения $f: X \rightarrow Y$ с $Y \in \mathcal{C}_0$ найдется $Z \in \mathcal{C}_0$ с $e\text{-dim } Z \leq M$ и факторизация $f = q \circ g$, где $g: X \rightarrow Z$ и $q: Z \rightarrow Y$.*

Теорема 8 отличается от теоремы 9 предположением $M \in \mathcal{W}_0$. Двойственная теорема утверждает следующее.

ТЕОРЕМА 10. *Допустим, что $M \in \mathcal{W}$, $X \in \mathcal{C}$ и $e\text{-dim } X \leq M$. Тогда для любого подкомплекса $L \subset M$ с $L \in \mathcal{W}_0$ найдется подкомплекс $K \in \mathcal{W}_0$ с $e\text{-dim } X \leq K$ и $L \subset K \subset M$.*

Последовательность $C \xrightarrow{\phi} L \xrightarrow{j} K$ отображений, где $C \in \mathcal{C}_0$ и $j: L \rightarrow K$ является включением подкомплекса в конечный CW -комплекс K , мы называем *строкой*. Две такие строки $C \xrightarrow{\phi} L \xrightarrow{j} K$ и $C' \xrightarrow{\phi'} L' \xrightarrow{j'} K'$ называются *эквивалентными*, если существует гомотопическая эквивалентность пар $h: (K, L) \rightarrow (K', L')$, производящая из них гомотопически коммутативную диаграмму.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ 1. *Для любого $C \in \mathcal{C}_0$ имеется только счетное число неэквивалентных строк $C \xrightarrow{\phi} L \xrightarrow{j} K$.*

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Множество гомотопических классов $[C, L]$ счетно для любого метрического компакта C и конечного комплекса L . Число конечных гомотопически различных пар конечных симплициальных комплексов (K, L) счетно. Так как каждая конечная CW -пара гомотопически эквивалентна паре конечных симплициальных комплексов, число различных строк счетно.

Зафиксируем счетную базу топологии $\{C_k\} = \mathcal{B}$ на гильбертовом кубе Q , состоящую из замкнутых множеств. Дополнительно предположим, что семейство $\mathcal{B}$ замкнуто относительно конечных объединений.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМЫ 9. Рассмотрим вложение $Y \subset Q$ и занумеруем все классы строк $C \xrightarrow{\phi} L \xrightarrow{j} K$, $C \in \mathcal{B}$, со следующим свойством:

(**) существует продолжение $\psi: X \rightarrow K$ отображения $j \circ \phi \circ f|_{f^{-1}(Y \cap C)}$.

Заметим, что свойство (**) инвариантно относительно отношения эквивалентности. Выберем по одному представителю $C \xrightarrow{\phi} L \xrightarrow{j} K$ из каждого класса строк и зафиксируем семейство соответствующих продолжений $\{\psi_i: X \rightarrow K_i\}$. Так как это семейство счетно, согласно факторизационной теореме имеется метрический компакт Z_1 с отображением $f_1: X \rightarrow Z_1$, $f'_0: Z_1 \rightarrow Y$ и семейство $\{\psi'_i: Z_1 \rightarrow K_i\}$ такое, что $f = f'_0 \circ f_1$ и $\psi_i = \psi'_i \circ f_1$, т.е. ψ'_i является продолжением отображения $j \circ \phi \circ f'_0|_{(f'_0)^{-1}(Y \cap C)}$. Теперь рассматриваем вложение $Z_1 \subset Q$ и повторяем процедуру.

В результате мы построим обратную последовательность компактов $\{Z_i; f_i^{i+1}\}_{i \geq 0}$ с $Z_0 = Y$ и $Z = \lim_{\leftarrow} \{Z_i; f_i^{i+1}\}$ такую, что отображение f факторизуется через Z , т.е. имеется отображение $g: X \rightarrow Z$ с $f_0^\infty \circ g = f$. По построению, пространство Z имеет следующее свойство:

(***) для всякого i и всякой строки $C \xrightarrow{\phi} L \xrightarrow{j} K$ со свойством (**) для Z_i существует продолжение $\bar{\psi}: Z \rightarrow K$ отображения $j \circ \phi \circ f_i^\infty|_{(f_i^\infty)^{-1}(Z_i \cap C)}$.

Положим $q = f_0^\infty$ и проверим условие $\text{e-dim } Z \leq M$. Пусть $\alpha: A \rightarrow M$ – задача продолжения. В силу компактности A , найдется конечный подкомплекс $L \subset M$ с $\phi(A) \subset L$. Так как $L \in ANE$, для достаточно большого i можно найти $C \in \mathcal{B}$ и отображение $\alpha_i: C \rightarrow L$ так, что $(f_i^\infty)^{-1}(C) \supset A$ и композиция $\alpha_i \circ f_i^\infty|_A$ гомотопна α . В силу того, что $\text{e-dim } X \leq M$, существует продолжение $\psi: X \rightarrow M$ отображения $\alpha_i \circ f_i^\infty \circ g|_{g^{-1}(f_i^\infty)^{-1}(Z_i \cap C)}$. Так как X – компакт, существует конечный подкомплекс $K \subset M$, содержащий $\psi(X)$. Итак, строка $C \xrightarrow{\alpha_i} L \xrightarrow{j} K$ имеет свойство (**). В силу (***) имеется продолжение $\bar{\psi}: Z \rightarrow K$ отображения $j \circ \alpha_i \circ f_i^\infty|_{(f_i^\infty)^{-1}(Z_i \cap C)}$. Следовательно, $\bar{\psi}$ является продолжением отображения $j \circ \alpha_i \circ f_i^\infty|_A$. Теорема о продолжении гомотопии влечет продолжаемость α .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМЫ 10. Пусть класс $\mathcal{B}$ – такой же, как и выше, и пусть $C, C' \in \mathcal{B}$. Определим *дуальную строку* как диаграмму $C' \xleftarrow{j} C \xrightarrow{\phi} N$, где j – вложение и N – конечный CW -комплекс. Мы называем две дуальные строки $C' \xleftarrow{j} C \xrightarrow{\phi} N$

и $C' \xleftarrow{j} C \xrightarrow{\phi'} N'$ эквивалентными, если существует гомотопическая эквивалентность $h: N \rightarrow N'$, производящая из этих строк гомотопически коммутативную диаграмму. Существует только счетное число различных дуальных строк. Мы перенумеруем классы эквивалентности дуальных строк со следующим свойством:

(**)' существуют отображение $f: X \rightarrow Q$ с $f(X) \subset C'$ и продолжение $g: C' \rightarrow M$.

Это свойство при наших условиях инвариантно. Для любого из перенумерованных классов зафиксируем продолжение g для некоторой дуальной строки $C' \xleftarrow{j} C \xrightarrow{\phi} N$, представляющей этот класс и конечный подкомплекс $K_{j,\phi} \subset M$ с $K_{j,\phi} \supset g(C')$. Полагаем $K_0 = L$, $K_1 = K_0 \cup K_{j_1,\phi_1}$, где K_{j_1,ϕ_1} из первого класса и т. д. В результате получится счетное объединение счетных подкомплексов $L = K_0 \subset K_1 \subset K_2 \subset \dots$. Положим $K = \bigcup_{i=0}^{\infty} K_i$. Покажем, что $\text{e-dim } X \leq K$. Пусть $\alpha: A \rightarrow K$ — задача продолжения на X , тогда $\alpha(A)$ лежит в конечном подкомплексе N . Рассмотрим продолжение $\bar{\alpha}: X \rightarrow M$. Так как образ $\bar{\alpha}(X)$ лежит в конечном подкомплексе M' , отображение $\bar{\alpha}$ может быть пропущено через метрический компакт Y так что $\bar{\alpha} = g' \circ f$, $f: X \rightarrow Y$. Рассмотрим вложение $Y \subset Q$ и продолжение $g: C' \rightarrow M'$ отображения $g': Y \rightarrow M'$, $C' \in \mathcal{B}$. Мы можем допустить, что $N \subset M'$. Пусть $r: R \rightarrow N$ — деформационная ретракция замкнутой регулярной окрестности подкомплекса N в M' . Возьмем $C \in \mathcal{B}$ такое, что $f(A) \subset C \subset g^{-1}(\text{Int}(R))$. Заметим, что дуальная строка $C' \xleftarrow{j} C \xrightarrow{\phi} N$ удовлетворяет условию (**)', где $\phi = r \circ g|_C$. Найдется занумерованная дуальная строка $C' \xleftarrow{j} C \xrightarrow{\phi'} N'$, эквивалентная строке $C' \xleftarrow{j} C \xrightarrow{\phi} N$, использованной при построении K . Пусть $\bar{g}: C' \rightarrow M$ обозначает продолжение отображения ϕ' . По построению K , имеем $\bar{g}(C') \subset K$. Тогда ϕ продолжается на K . Заметим, что отображение $\phi|_{f(A)}$ гомотопно $g|_{f(A)} = g'|_{f(A)}$ как отображение в K . Следовательно, $g'|_{f(A)}$ имеет продолжение, откуда $\alpha = g' \circ f|_A$ продолжаемо.

§ 3. Теорема о букете

ТЕОРЕМА 11. $K \leq_{\mathcal{C}} M \iff K \leq_{\mathcal{C}_0} M$ для $K, M \in \mathcal{W}$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Ясно, что $K \leq_{\mathcal{C}} M$ влечет $K \leq_{\mathcal{C}_0} M$. Допустим, что верно $K \leq_{\mathcal{C}_0} M$, и покажем, что $K \leq_{\mathcal{C}} M$. Пусть X — неметризуемый компакт с $\text{e-dim } X \leq K$. Используя теорему 9, мы можем представить X как предельное пространство обратного сигма-спектра $X = \lim_{\leftarrow} \{X_\alpha\}$ [21] метрических компактов с $\text{e-dim } X_\alpha \leq K$. Согласно предположениям, отсюда следует, что $\text{e-dim } X_\alpha \leq M$. Теорема об обратном пределе (см., например, [20]) влечет, что $\text{e-dim } X \leq M$.

Двойственной к теореме 11 является следующая

ТЕОРЕМА 12. *Неравенство $\text{e-dim } X \leq \text{e-dim } Y$ справедливо, если и только если $\text{e-dim } Y \leq L$ влечет $\text{e-dim } X \leq L$ для любого счетного комплекса L .*

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. В направлении $(\Rightarrow)$ это очевидно. Для доказательства теоремы в другом направлении достаточно показать, что $\text{e-dim } Y \leq M$ влечет $\text{e-dim } X \leq M$ для любого комплекса M . В силу теоремы 10, неравенство $\text{e-dim } Y \leq M$ влечет представимость M в виде прямого предела $M = \lim_{\rightarrow} M_{\alpha}$ счетных комплексов с $\text{e-dim } Y \leq M_{\alpha}$. Тогда по предположению имеем $\text{e-dim } X \leq M_{\alpha}$. В силу теоремы о прямом пределе (двойственной теореме об обратном) [20] можно заключить, что $\text{e-dim } X \leq M$.

Следующая теорема является главным результатом этой статьи.

ТЕОРЕМА 13. *Каждый CW-комплекс K экстенционально эквивалентен булкету счетных комплексов $[K] = [\bigvee_{\alpha \in A} L_{\alpha}]$, где мощность A не превосходит континуума.*

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Положим $A = \{L \in \mathcal{W}_0 \mid K \leq L\}$. Покажем, что $[K] = [\bigvee_{L \in A} L]$. Так как неравенство $\text{e-dim } X \leq \bigvee_{L \in A} L$ равносильно системе неравенств $\text{e-dim } X \leq L$, $L \in A$, отсюда следует, что $K \leq \bigvee_{L \in A} L$. Допустим, что $K < \bigvee_{L \in A} L$. Так как e-dim эпиморфно [17], найдутся компакты X и Y с $\text{e-dim } X = \bigvee_{L \in A} L$ и $\text{e-dim } Y = K$. Так как неравенство $\text{e-dim } X \leq \text{e-dim } Y$ не выполнено, теорема 12 влечет существование счетного комплекса L такого, что $K = \text{e-dim } Y \leq L$ и $\text{e-dim } X \not\leq L$. Неравенство $K \leq L$ влечет, что $L \in A$. Следовательно, $\text{e-dim } X \leq L$. Противоречие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Spanier E. Algebraic Topology. New York: McGraw-Hill, 1966.
- [2] Engelking R. Dimension Theory. Amsterdam: North-Holland, 1978.
- [3] Dranishnikov A. N. On intersection of compacta in Euclidean space II // Proc. Amer. Math. Soc. 1991. V. 113. P. 1149–1154.
- [4] Dranishnikov A. N. Extension of maps into CW complexes // Math. USSR Sbornik. 1993. V. 74. P. 47–56.
- [5] Dranishnikov A. N. On the mapping intersection problem // Pacific J. Math. 1996. V. 173. № 2. P. 403–412.
- [6] Dranishnikov A. N. On the dimensions of the product, the union and the intersection of two spaces // Preprint, 1995.
- [7] Dranishnikov A. N., Dydak J. Extension theory of separable metric spaces with applications to dimension theory // Preprint, 1995.
- [8] Chigogidze A. Infinite dimensional topology and shape theory // Preprint, 1997.
- [9] Levin M. On extensional dimension of metrizable spaces // Preprint, 1998.
- [10] Olszewski W. Completion theorem for cohomological dimensions // Proc. Amer. Math. Soc. 1995. V. 123. P. 2261–2264.
- [11] Dydak J. Cohomological dimension and metrizable spaces II // Trans. Amer. Math. Soc. 1996. V. 348. P. 1647–1661.
- [12] Dranishnikov A. N., Uspenskij V. V. Light maps and extensional dimension // Topology Appl. 1997. V. 80. № 1–2. P. 91–100.
- [13] Chigogidze A., Zarichnyi M. On absolute extensors modulo a complex // Topology Appl. (to appear).
- [14] Дранишников А. Н. Абсолютные экстензоры в размерности n и n -мерные отображения, повышающие размерность // УМН. 1984. Т. 39. № 5. С. 55–95.
- [15] Rubin L., Shapiro Ph. The Mardešić factorization theorem for extension theory // Preprint, 1998.

- [16] Levin M., Rubin L., Shapiro Ph. The Mardesić factorization theorem for extension theory and C -separation // Preprint, 1998.
- [17] Dranishnikov A. N. Eilenberg–Borsuk theorem for maps into arbitrary complexes // Math. Sbornik. 1994. V. 185. P. 81–90.
- [18] Dranishnikov A. N. Basic elements of the cohomological dimension theory of compact metric spaces // Preprint, 1997.
- [19] Dranishnikov A. N., Repovš D., Schepin E. V. Transversal intersection formula for compacta // Preprint, 1996.
- [20] Dranishnikov A. N., Dydak J. Extension dimension and extension type // Proc. Steklov Institute of Math. 1996. V. 212. P. 55–88.
- [21] Щепин Е. В. Топология предельных пространств несчетных обратных спектров // УМН. 1976. V. 31. № 5. P. 191–226.

Университет Флориды,
Математический институт им. В. А. Стеклова РАН
E-mail: `dranish@math.ufl.edu`

Поступила в редакцию
04.04.1998