

## Плиты PIR для производства энергоэффективных стеновых панелей

Д.А. Ильин<sup>1,2</sup>, Е.С. Калмыкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

<sup>2</sup>ООО «ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы»

**Аннотация:** В условиях высокой стоимости на строительные материалы, технику, оборудование и услуги, необходимо рассмотреть возможности повышения экономической и энергетической эффективности возводимых зданий. Одним из вариантов решения данного вопроса является использование в строительстве энергоэффективных изделий. В статье будет рассмотрен один из инновационных теплоизоляционных материалов – плиты PIR.

**Ключевые слова:** строительство, теплоизоляция, теплоизоляционный материал, пенополиизоцианурат, каркасно-монолитное строительство, стеновые панели, железобетон, теплотехнический расчет.

В условиях высокой инфляции и санкционного давления, стоимость строительных и отделочных материалов, техники и оборудования, а также услуг, значительно возросла. Были также зафиксированы изменения в логистических потоках, торговых балансах и конъюнктуре экспортных товаров, что создало множество экономических неопределенностей [1].

В результате этих факторов, темпы роста готовых жилых объектов в России упали. В октябре 2023 года введено в эксплуатацию только 86 198 тыс. квадратных метров жилья, что ниже показателей за 2022 год [2].

Цены на стройматериалы также существенно возросли. По данным Росстата в марте 2022 года, цены на стройматериалы выросли на 10%, однако компания Pridex отмечает рост цен на строительные материалы до 30%, отделочные материалы — до 50%, а на инженерные коммуникации — до 45%. В результате, стоимость строительства жилых домов выросла на треть, а складов — на четверть. Индексы удорожания строительно-монтажных работ в первом квартале 2022 года выросли до 22% [3].

Недвижимость выросла в цене, а доходы покупателей либо остались неизменными, либо снизились. По оценке брифинга, проводимого Европейским парламентом, санкционные пакеты, вводимые с 2014 года, значительно повлияли на российский рынок. Все это оказывает влияние на стоимость жизни российских потребителей, на тенденцию снижения потребления и на ухудшение качества жизни граждан [4].

В связи с этим, разработка новых подходов для повышения объемов эффективного строительства стала необходимостью. Одним из видов строительства, который может обеспечить низкую себестоимость, является каркасно-монолитное строительство [5].

Каркасно-монолитное строительство имеет значительные преимущества, такие как: сокращение сроков реализации проектов; высокий уровень организации работ и уровня бетонных изделий; высокая степень готовности монтажных изделий; снижение стоимости строительства при массовом производстве и доступность для покупателей. Преимущества данного вида возведения зданий заключается в переносе технологических процессов на заводские условия, что позволяет более тщательно контролировать соблюдение технологических процессов и повышает качество готовых домов. Наружные стены в каркасном строительстве могут быть выполнены из мелкоштучного заполнителя либо из трехслойных железобетонных стеновых панелей.

Трехслойные стеновые железобетонные панели согласно ГОСТ 31310-2015 представляют собой строительное изделие, которое состоит из основных слоев: наружного, внутреннего и теплоизоляционного слоев. К основным слоям не относятся: наружный декоративный или защитно-декоративный слой, внутренний отделочный слой и слои из рулонных или пленочных материалов. Наружный и внутренний слои согласно требованиям, к бетонным слоям панелей выполняются из тяжелого по ГОСТ 26633 или

---

легкого по ГОСТ 25820 бетона класса В15 и выше. Толщины бетонных слоев принимаются не менее величин, указанных в таблице №1.

Таблица № 1

Толщина основных бетонных слоев трехслойных железобетонных стеновых панелей

Наименование	Толщина слоя, мм
Внутренний слой	
Несущая панель	Толщина 120 мм
Ненесущая панель	Толщина 80 мм
Поэтажно несущие панели	
Из тяжелого бетона	Толщина 80 мм
Из легкого бетона	Толщина 100 мм
Наружный слой	
Из тяжелого бетона	Толщина 65 мм
Из легкого бетона	Толщина 80 мм

Теплоизоляционный слой согласно ГОСТ 31310-2015 следует применять из плит полимерных и минераловатных материалов. Применение легких бетонов на сегодняшний день является не целесообразным решением. В нормативной документации предусмотрено применение теплоизоляционных изделий, характеристики которые должны соответствовать требованиям:

- коэффициент теплопроводности теплоизоляционных материалов  $\lambda$  должен быть не более  $0,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{С}^\circ)$ ;
- средняя номинальная плотность – не более  $200 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Чтобы повысить энергетическую, следовательно, и экономическую составляющую процесса возведения зданий, можно рассмотреть вопрос улучшения характеристик изделий необходимых для строительства панельных зданий, а именно: трехслойных железобетонных стеновых панелей.

В современном производстве весь процесс изготовления стеновых панелей механизирован, что позволяет снизить человеческий фактор, тем самым повысить качество продукции. Повысить эффективность рассматриваемого изделия можно за счет использования материалов с характеристиками, которые не противоречат ГОСТ 31310-2015 и обладают улучшенными свойствами в сравнении с классическими материалами.

В производстве трехслойных стеновых панелей в качестве утеплителя применяется каменная вата. Характеристики негорючего, материала рассмотрены в таблице №2 на основе торговой марки «Техносэндвич Бетон» от производителя «ТЕХНОНИКОЛЬ» [6].

Таблица №2

Характеристики каменной ваты «Техносэндвич бетон» от «Технониколь»

Наименование показателя	Ед.изм.	Критерий	Значение
Теплопроводность $\lambda_{10}$	Вт/м $\cdot$ °К	Не более	0,036
Теплопроводность $\lambda_D$	Вт/м $\cdot$ °К	Не более	0,037
Теплопроводность $\lambda_A$	Вт/м $\cdot$ °К	Не более	0,040
Теплопроводность $\lambda_B$	Вт/м $\cdot$ °К	Не более	0,044
Прочность на сжатие при 10% деформации	кПа	Не менее	20
Группа горючести	степень	-	НГ

В последние годы на строительном рынке наблюдается значительный дефицит каменной ваты. В связи с этим подбор эффективного теплоизоляционного материала для трехслойных железобетонных стеновых панелей является актуальной технической задачей.

В настоящее время большим интересом пользуется инновационный теплоизоляционный материал, как плиты пенополиизоцианурата [7]. Это полимерный материал с пористой структурой. Материал является легким, благодаря уникальной микроструктуре обладает высокими прочностными характеристиками и эффективными теплоизоляционными свойствами [8,9]. В рамках данной работы рассмотрим технические характеристики плиты из

пенополиизоцианурата «LOGICPIR SND CX/CX» от производителя «ТЕХНОНИКОЛЬ» в таблице №3 [10].

Таблица №3

Характеристики плиты из пенополиизоцианурата «LOGICPIR SND CX/CX» от «ТЕХНОНИКОЛЬ»

Наименование показателя	Ед.изм.	Критерий	Значение
Теплопроводность $\lambda_{10}$	Вт/м $\cdot$ °К	Не более	0,023
Теплопроводность $\lambda_D$	Вт/м $\cdot$ °К	Не более	0,024
Теплопроводность $\lambda_A$	Вт/м $\cdot$ °К	Не более	0,025
Теплопроводность $\lambda_B$	Вт/м $\cdot$ °К	Не более	0,028
Прочность на сжатие при 10% деформации	кПа	Не менее	150
Группа горючести	степень	-	Г4

Сравним теплотехнические характеристики несущих трехслойных железобетонных панелей с применением утеплителя из минеральной каменной ваты «Техносэндвич бетон» и из плит пенополиизоцианурата «LOGICPIR SND CX/CX» от «ТЕХНОНИКОЛЬ».

Пироги панелей будут выполнены для наружного слоя из тяжелого бетона толщиной 65 мм, для внутреннего слоя из тяжелого железобетона толщиной 120 мм, облицовочный слой представлен плиткой толщиной 15 мм «рис.1».

Для расчета примем: район строительства - г. Москва; относительная влажность воздуха:  $\phi_v=50\%$ ; тип здания: жилое; вид ограждающей конструкции: несущая наружная трехслойная стеновая панель. Расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания: в жилом помещении -  $t_{в}=20^{\circ}\text{C}$ . Влажностный режим помещения - нормальный. ГСОП для данных условий равен  $4528.8^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$ . Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции равно требуемому значению  $R_0^{\text{норм}} = 2,985 (\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ , согласно СП 50.13330.2012.

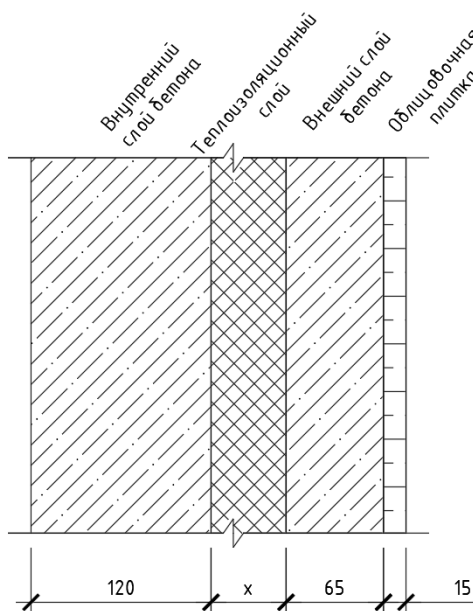


Рис.1. - Пирог трехслойной стеновой железобетонной панели

Стеновое ограждение состоит из следующих слоев для обоих вариантов облицовочная плитка, внешние и внутренние железобетонные слои одинаковы, различаются используемые теплоизоляционные материалы (таблица №4).

Таблица №4

Слои стеновых панелей

Наименование слоя	Толщина $\delta_i$ , м	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	Плотность $\rho_i$ , кг/м <sup>3</sup>
Облицовочная плитка	0,015	1,05	2000
Внешний ж.б. слой	0,065	2,04	2500
Вариант №1 Теплоизоляционный слой из мин.ваты	$x_1$	0,044	100
Вариант №2 Теплоизоляционный слой из плит пенополиизоцианурата	$x_2$	0,028	30
Внутренний ж.б. слой	0,12	2,04	2500

Согласно СП 50.13330.2012, зная  $R_0^{усл}$  - условное сопротивление теплопередаче (которое равно требуемому значению сопротивлению

теплопередаче, деленному на коэффициент однородности конструкции, который равен 0,8) можно определить требуемую толщину теплоизоляционного слоя по формуле (1).

$$R_0^{ysl} = \frac{1}{\alpha_v} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (1)$$

где  $\alpha_v = 8,7$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\alpha_n = 23$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$R_s$  – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт по формуле (2).

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s}, \quad (2)$$

где  $\delta_s$  – толщина слоя, м;

$\lambda_s$  – расчетная теплопроводность материала слоя, Вт/(м·°C).

$$R_0^{ysl} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{1,05} + \frac{0,065}{2,04} + \frac{x_1}{0,04} + \frac{0,12}{2,04} + \frac{1}{12},$$

$$\frac{2,985}{0,8} = 0,3 + \frac{x_1}{0,044},$$

$$x_1 = 0,151 \text{ м}$$

Принимаем стандартную толщину утеплителя 160 мм. Общая толщина изделия составляет 360 мм.

$$R_0^{ysl} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{1,05} + \frac{0,065}{2,04} + \frac{x_2}{0,028} + \frac{0,12}{2,04} + \frac{1}{12},$$

$$\frac{2,985}{0,8} = 0,3 + \frac{x_2}{0,028},$$

$$x_2 = 0,096 \text{ м}$$

Принимаем толщину теплоизоляционного слоя 100 мм. Общая толщина плиты составляет 300 мм.

Разница теплоизоляционного слоя между каменной минеральной ватой и плитами из пенополиизоцианурата составляет 40 мм. При рассмотрении жилого односекционного здания габаритами в плане 15 м на 70 м полезная площадь застройки на одном этаже при первом варианте утепления стен будет составлять 989,32 м<sup>2</sup>. В таком же здании на одном этаже при втором варианте утепления стеновых панелей будет составлять 999,36 м<sup>2</sup>.

Большей частью застройки в Москве являются многоэтажные здания этажностью от 15 и более этажей. В 2017 году была обозначена проблема композиционной структуры домов из-за механического подхода к решению задач комплексного строительства и неоправданным для жителей неудобством [11]. К 2024 году в России есть девелоперы, которые перешли на новый этап типизации жилищ. Они работают над улучшением качества и комфорта вводимого в эксплуатацию нового жилья. Примем здания этажностью в 25 этажей. Площадь застройки с применением стеновых панелей с утеплителем из минеральной ваты равна 24733 м<sup>2</sup>, при стеновых панелях с утеплителем из плит из пенополиизоцианурата равна 24984 м<sup>2</sup>.

За январь 2024 года стоимость 1 кв. м составляет 321,8 тыс. рублей [12]. При первом варианте застройщик может продать здание за 7,96 млрд. рублей. При втором варианте общая выручка составит 8,04 млрд. рублей. Разница составляет 80 млн. рублей.

При закупке материала, а именно теплоизоляции из минеральной ваты марки «Техносэндвич бетон» от «ТЕХНОНИКОЛЬ», стоимость затрат составит 62,793 млн. рублей. При закупке плит PIR марки «LOGICPIR SND CX/CX» от «ТЕХНОНИКОЛЬ» стоимость затрат составит 48,687 млн. рублей. Разница по стоимости закупки материалов равна 14,106 млн. рублей. Несмотря на то, что 1 м<sup>3</sup> плиты PIR стоит дороже, чем 1 м<sup>3</sup> минеральной ваты (38421 рублей > 31000 рублей), за счет меньшего объема требуемого

---



материала ( $1267,2 \text{ м}^3 < 2025,6 \text{ м}^3$ ) можно снизить себестоимость объекта строительства (таблица №5).

Таблица №5

Сравнительные характеристики

	Стеновые панели с применением минеральной ваты	Стеновые панели с применением плит PIR	Эффект от применения плит PIR
Полезная площадь застройки на 1 этаж	989,32 м <sup>2</sup>	999,36 м <sup>2</sup>	+10,04 м <sup>2</sup> +1%
Полезная площадь застройки на 25 этажей	24733 м <sup>2</sup>	24984 м <sup>2</sup>	+251 м <sup>2</sup> +1%
Стоимость здания в 25 этажей	7,96 млрд. руб.	8,04 млрд. руб.	+80 млн. руб. +1%
Затраты на закупку материала	62,799 млн. руб.	48,687 млн. руб.	-14,112 млн. руб. - 22,5%

Использование инновационного материала PIR, позволяет увеличить общий объем выручки при продаже жилья в условиях санкционного давления и нестабильной экономики в стране на сегодня, а также позволяет повысить экономическую и энергетическую эффективность возводимого объекта.

Литература

1. Сокращение запуска новых жилищных проектов – причины и пути преодоления кризиса // novostroy. URL: [novostroy.ru/articles/market/sokrashchenie-zapuska-novykh-zhilishchnykh-proektov-prichiny-i-puti-preodoleniya-krizisa/](http://novostroy.ru/articles/market/sokrashchenie-zapuska-novykh-zhilishchnykh-proektov-prichiny-i-puti-preodoleniya-krizisa/) (дата обращения: 01.02.2024).
2. Ввод жилья в эксплуатацию // ЕМИСС. URL: [наш.дом.рф/аналитика/ввод\\_жилья/детали/график/](http://наш.дом.рф/аналитика/ввод_жилья/детали/график/) (дата обращения: 01.02.2024).



3. Полоскин, А. К. Актуальные проблемы современного строительства // Молодой ученый, 2022, № 25 (420), С. 34-36 URL: [moluch.ru/archive/420/93459/](http://moluch.ru/archive/420/93459/) (дата обращения: 03.02.2024).
  4. EU sanctions on Russia: overview, impact, challenges // European Parliament URL: [europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/739366/EPRS\\_BRI\(2023\)739366\\_EN.pdf](http://europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/739366/EPRS_BRI(2023)739366_EN.pdf) (дата обращения: 03.02.2024).
  5. Набокова Я.С. Эффективные строительные материалы и способы возведения зданий // Инженерный вестник Дона, 2008, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2008/96](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2008/96)
  6. Технический лист №3.213. Версия 11.2021 // Технониколь. URL: [pim.storage.yandexcloud.net/e/3/d/c/e3dcdb957e1d1b8317c497cdccced909f3414b3\\_\\_\\_\\_\\_3.213\\_\\_\\_\\_\\_RU\\_ru\\_\\_1\\_.pdf?responsecontentdisposition=filename="Техлист%203.213\\_TEXHOCЭН ДВИЧ%20БЕТОН\\_RU-ru.pdf"](http://pim.storage.yandexcloud.net/e/3/d/c/e3dcdb957e1d1b8317c497cdccced909f3414b3_____3.213_____RU_ru__1_.pdf?responsecontentdisposition=filename=) (дата обращения: 06.02.2024).
  7. Ashida K. Polyurethane and Related Foams: Chemistry and Technology (1st ed.). CRC Press.
  8. Просто «космический» материал: почему PIR – отличная теплоизоляция для строительства // Технониколь. URL: [tn.ru/journal/prosto-kosmicheskiy-material-pochemu-pir-luchshaya-teploizolyatsiya-dlya-stroitelstva/](http://tn.ru/journal/prosto-kosmicheskiy-material-pochemu-pir-luchshaya-teploizolyatsiya-dlya-stroitelstva/) (дата обращения: 06.02.2024).
  9. Новые результаты по исследованиям изменения теплопроводности с течением времени плит из пенополиизоцианурата (PIR) современного производства // Технониколь. URL: [nav.tn.ru/knowledge-base/materialy/teploizolyatsiya/plity-teploizolyatsionnye-iz-penopoliizotsianurata-pir/novye-rezultaty-po-issledovaniyam-izmeneniya-teploprovodnosti-s-techeniem-vremeni-plit-iz-penopoliiz/](http://nav.tn.ru/knowledge-base/materialy/teploizolyatsiya/plity-teploizolyatsionnye-iz-penopoliizotsianurata-pir/novye-rezultaty-po-issledovaniyam-izmeneniya-teploprovodnosti-s-techeniem-vremeni-plit-iz-penopoliiz/) (дата обращения: 06.02.2024).
-

10. Технический лист №8.18. Версия 02.2024 // Техноникль. URL: [pim.storage.yandexcloud.net/9/6/7/7/9677bf4daaa4a8463b8a4aaff8b38948025b064\\_\\_\\_\\_\\_8.18\\_\\_\\_\\_\\_ \\_LOGICPIR\\_SND\\_\\_\\_\\_\\_RU\\_ru.pdf?responsecontentdisposition=filename="Техлист%208.18\\_LOGICPIR%20SND%20CX%20CX\\_RU-ru.pdf"](https://pim.storage.yandexcloud.net/9/6/7/7/9677bf4daaa4a8463b8a4aaff8b38948025b064_____8.18_____ _LOGICPIR_SND_____RU_ru.pdf?responsecontentdisposition=filename=) (дата обращения: 06.02.2024).

11. Манжилевская С.Е., Салех Аль-Хадж Али Абдулла Экономические проблемы отрасли в свете современного состояния комплексного жилищного строительства // Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4415](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4415)

12. Риелторы сообщили о снижении цен на массовое жилье в Москве в 2024 году // РБК Недвижимость. URL: [realty.rbc.ru/news/65cb7ae59a79471991b5a881](https://realty.rbc.ru/news/65cb7ae59a79471991b5a881) (дата обращения: 13.02.2024).

### References

1. Sokrashhenie zapuska novykh zhilishhnykh proektov – prichiny i puti preodolenija krizisa [Reduction in the launch of new housing projects - causes and ways to overcome the crisis]. URL: [novostroy.ru/articles/market/sokrashchenie-zapuska-novykh-zhilishchnykh-proektov-prichiny-i-puti-preodoleniya-krizisa/](http://novostroy.ru/articles/market/sokrashchenie-zapuska-novykh-zhilishchnykh-proektov-prichiny-i-puti-preodoleniya-krizisa/) (date of assessed: 01.02.2024).

2. Vvod zhil'ja v jekspluataciju [Putting housing into operation] // ЕМИСС URL: [наш.дом.рф/аналитика/ввод\\_жилья/детали/график/](http://наш.дом.рф/аналитика/ввод_жилья/детали/график/) (date of assessed: 01.02.2024).

3. Poloskin, A. K. Molodoj uchenyj. URL: [moluch.ru/archive/420/93459/](http://moluch.ru/archive/420/93459/) (date of assessed: 03.02.2024).

4. EU sanctions on Russia: overview, impact, challenges. European Parliament. URL:



europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/739366/EPRS\_BRI  
(2023)739366\_EN.pdf (date of assessed: 03.02.2024).

5. Nabokova Y.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2008, №4. URL:  
ivdon.ru/magazine/archive/n4y2008/96

6. Tehnicheskij list №3.213. versija 11.2021 [Technical sheet No. 3.213.  
version 11.2021]. URL:  
pim.storage.yandexcloud.net/e/3/d/c/e3dcdb957e1d1b8317c497cdccced909f3414  
b3\_\_\_\_\_3.213\_\_\_\_\_RU\_ru  
\_1\_.pdf?responsecontentdisposition=filename="Техлист%203.213\_ТЕХНОСЭН  
ДВИЧ%20БЕТОН\_RU-ru.pdf" (date of assessed: 06.02.2024).

7. Ashida K. Polyurethane and Related Foams: Chemistry and  
Technology (1st ed.). CRC Press.

8. Prosto «kosmicheskij» material: pochemu PIR – otlichnaja  
teploizoljacija dlja stroitel'stva [Simply "cosmic" material: Why PIR is the perfect  
thermal insulation for construction]. URL: tn.ru/journal/prosto-kosmicheskij-  
material-pochemu-pir-luchshaya-teploizolyatsiya-dlya-stroitelstva/ (date of  
assessed: 06.02.2024).

9. Novye rezul'taty po issledovanijam izmenenija teploprovodnosti s  
techeniem vremeni plit iz penopoliizocianurata (PIR) sovremennogo proizvodstva  
[New results on investigations of thermal conductivity changes over time of  
modern manufactured polyisocyanurate (PIR) foam boards]. URL:  
nav.tn.ru/knowledge-base/materialy/teploizolyatsiya/plity-teploizolyatsionnye-iz-  
penopoliizotsianurata-pir/novye-rezultaty-po-issledovaniyam-izmeneniya-  
teploprovodnosti-s-techeniem-vremeni-plit-iz-penopoliiz/ (date of assessed:  
06.02.2024).

10. Tehnicheskij list №8.18. versija 02.2024 [Technical sheet No. 8.18.  
version 02.2024]. URL:  
pim.storage.yandexcloud.net/9/6/7/7/9677bf4daaa4a8463b8a4aaff8b38948025b06

---



4 \_\_\_\_\_ 8.18 \_\_\_\_\_  
\_LOGICPIR\_SND\_\_\_\_\_RU\_ru.pdf?responsecontentdisposition=filename=  
"Техлист%208.18\_LOGICPIR%20SND%20CX%20CX\_RU-ru.pdf" (date of  
assessed: 06.02.2024).

11. Manzhilevskaja S.E., Saleh Al'-Hadzh Ali Abdulla. Inzhenernyj  
vestnik Dona, 2017, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4415](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4415)

12. Riel'tory soobshhili o snizhenii cen na massovoe zhil'e v Moskve v  
2024 godu [Realtors reported a decrease in prices for mass housing in Moscow in  
2024]. URL: [realty.rbc.ru/news/65cb7ae59a79471991b5a881](https://realty.rbc.ru/news/65cb7ae59a79471991b5a881) (date of assessed:  
13.02.2024).

**Дата поступления: 1.04.2024**

**Дата публикации: 8.05.2024**