

УДК 692

DOI: [10.37153/2618-9283-2023-6-113-122](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2023-6-113-122)

Проектирование, строительство и реконструкция сейсмостойких зданий и сооружений

Анализ сейсмостойкости существующих крупнопанельных многоквартирных жилых домов типовых серий Камчатского края

Захарченко Иван Валентинович¹, Смирнова Любовь Николаевна²

¹ООО Инженерно-архитектурный центр «Новый Город».

Петропавловск-Камчатский, Российская Федерация

²АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

Аннотация: в статье представлены результаты анализа имеющейся информации о проектной сейсмостойкости крупнопанельных зданий, возводимых в Камчатском крае с 1961 по 1998 годы. Выполнено сравнение проектных сейсмических нагрузок для указанных домов с текущими. Обобщены данные об обнаруженных повреждениях в конструкциях, выявлены наиболее уязвимые элементы зданий. Произведена оценка сейсмического риска для зданий распространенных серий 1-464 АС, 138с, 138к, 189. Получен вывод о возможности статистической оценки необходимости сейсмоусиления зданий указанных серий.

Ключевые слова: сейсмостойкость, крупнопанельное домостроение, сейсмический риск, типовой проект, дефицит сейсмостойкости

Для цитирования: Захарченко И.В., Смирнова Л.Н. Анализ сейсмостойкости существующих крупнопанельных многоквартирных жилых домов типовых серий Камчатского края // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2023. № 6. С. 113–122.

DOI: [10.37153/2618-9283-2023-6-113-122](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2023-6-113-122)

Design, building and reconstruction of aseismic constructions

Analysis of seismic resistance of large-panel multi-apartment residential buildings of series typical for the Kamchatka region

Ivan V. Zakharchenko¹, Luybov N. Smirnova²

¹LLC Engineering and Architectural Center “New City”.

Petropavlovsk-Kamchatskiy, Russian Federation

²JSC Research Center of Construction. Moscow, Russian Federation

Abstract: the analysis of the available information on the design seismic resistance of panel buildings erected in the Kamchatka Territory from 1969 to 1998 is presented. A comparison of seismic loads during the design years of these houses with the current ones was carried out. The data on the detected damages in structures were summarized, the most vulnerable elements of buildings were identified.

@ Zakharchenko I.V., Smirnova L.N., 2023

The seismic risk assessment for buildings of the widespread series 1-464 AC, 138c, 138k, 189 was carried out. The formulated conclusions allow us to statistically assess the need for seismic reinforcement of buildings of these series and determine the direction of further research

Keywords: earthquake resistance, large-panel housing construction, seismic risk, insufficient seismic resistance

For citation: Zakharchenko I.V., Smirnova L.N. Analysis of seismic resistance of large-panel multi-apartment residential buildings of series typical for the Kamchatka region. *Earthquake engineering. Constructions safety*. 2023, no. 6, pp. 113–122.

DOI: [10.37153/2618-9283-2023-6-113-122](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2023-6-113-122)

Введение

Камчатский край является одним из немногих регионов Российской Федерации, характеризующихся не только практически ежедневными сейсмическими воздействиями интенсивностью 3–4 балла, но и наличием в истории наблюдений записей землетрясений, интенсивность которых оценивается в 7 и более баллов. Усугубляет ситуацию то, что территория полуострова, омываемая водами Тихого океана, а также Берингова и Охотского морей, подвергается воздействию цунами, а кроме этого, на Камчатке имеется в наличии более 300 вулканов, среди которых несколько действующих. Несмотря на эти факторы, регион динамично развивается и является одним из перспективных для народного хозяйства страны в части рыболовства и добычи полезных ископаемых и драгоценных металлов.

По данным Росстата численность населения Камчатского края составила на 01.12.2023 года с учетом сведений Всероссийской переписи населения – 288 730 человек. Примечателен тот факт, что больше половины из них, а именно 56,45 % проживают в столице края – городе Петропавловске-Камчатском (рис. 1).



Рисунок 1 – Существующая застройка г. Петропавловска-Камчатского

Figure 1 – The existing building of Petropavlovsk-Kamchatsky

К настоящему времени в Камчатском крае введено в эксплуатацию более восьмисот сорока крупнопанельных зданий. Незначительное количество многоквартирных жилых домов было построены в 30–40 гг. прошлого века. Основной пик строительства крупнопанельных домов в г. Петропавловске-Камчатском пришелся на 60–80-е годы XX века (рис. 2).

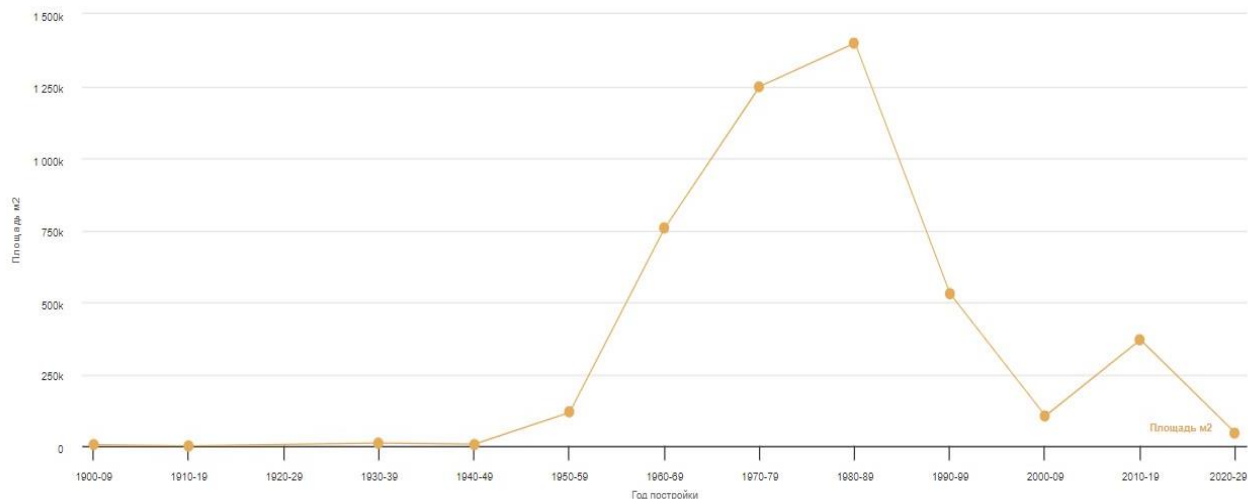


Рисунок 2 – Площадь построенных многоквартирных домов в г. Петропавловск-Камчатском за период с 1900 года по настоящее время

Figure 2 – The area of multi-apartment buildings built in Petropavlovsk-Kamchatsky for the period from 1900 to the present

В настоящее время регламентированный проектный срок службы панельных зданий составляет 50 лет. Таким образом, большинство построенных в 70–80-е годы прошлого столетия на Камчатке жилых домов либо подходят к окончанию нормативного срока эксплуатации, либо уже перешагнули через него. В последние годы жилые дома в регионе строятся в основном в монолитном исполнении. Объем строительства, с учетом современных темпов возведения, составляет 50–80 тысяч кв. м в год.

За всю историю наблюдений крупнопанельные дома, построенные в сейсмически опасных районах, показали себя с положительной стороны. Отметим наличие в Камчатском крае значительного количества многоквартирных домов, имеющих по сравнению с крупнопанельными зданиями бóльший дефицит сейсмостойкости, не поддающихся адекватному сейсмоусилению, и исходя из простой логики, подлежащих расселению и сносу. Но вероятность того, что одним из возможных решений в отношении существующих панельных домов, срок эксплуатации которых превысил нормативный, может стать их первоочередное расселение и последующий за ним снос, велика. Учитывая, что объем возводимого жилья недостаточен для того чтобы закрыть существующие потребности региона, а также тот факт, что нормативная сейсмическая нагрузка с момента проектирования типовых серий панельных зданий для Камчатского края возросла (как и прочие нагрузки на конструкции), авторы задались вопросом анализа технического состояния существующих панельных зданий, включая оценку их фактической сейсмостойкости, и разработкой новых экономически выгодных технических решений, которые позволят усилить данные объекты, продолжив срок их нормальной эксплуатации.

Материалы и методы

В рамках проводимого исследования на первом этапе были детально изучены проекты типовых серий 1-464 АС, 1-138с, 1-138ск, 189, проанализированы региональные нормативные документы [1–3], а также типовые серии усиления конструкций и повышения сейсмостойкости зданий в сейсмических районах и рекомендации по проектированию крупнопанельных зданий в сейсмических районах [4–5]. Путем статистической оценки и сравнения были проанализированы результаты, полученные учеными и специалистами в области сейсмостойкого строительства времен СССР [6–8]. Для уточнения имеющейся информации были направлены запросы в Управления Росреестра, Роскадастра и Краевой государственной оценки Камчатского края. Также для более глубокого и детального анализа в рамках аналитического исследования авторы воспользовались данными базы ГИС.ЖКХ в части, касающейся сведений о соотношении годов построек домов, их количества и серий.

Результаты

По данным Роскадастра в Камчатском крае имеется 840 крупнопанельных жилых домов, из которых 393 построены до 1983 года по типовым сериям 1-464 АС и 1-464 АС-КВ.

В период с 1961 по 1971 годы на Камчатке осуществлялось строительство 5-этажных многоквартирных жилых домов, запроектированных в соответствии с типовой серией 1-464 АС (рис. 3). Серия 1-464 АС была разработана Центральным научно-исследовательским институтом экспериментального проектирования жилища (ЦНИИЭП жилища) с учетом возможной сейсмической активности в регионе, которая на тот момент оценивалась в 7–8 баллов.

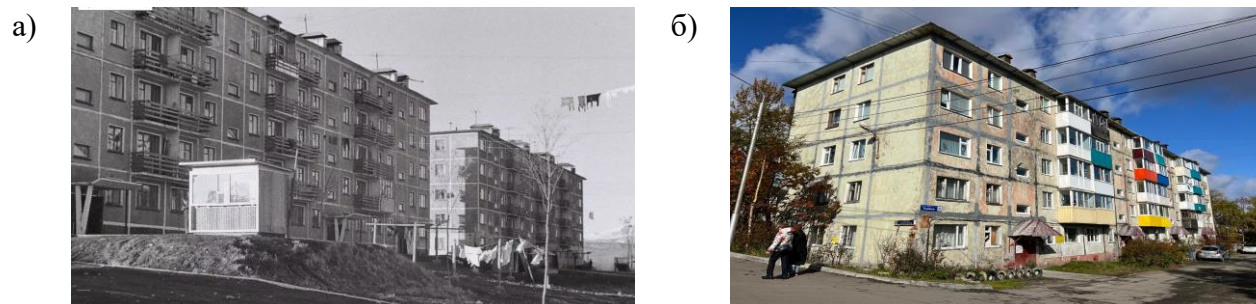


Рисунок 3 – Общий вид многоквартирных пятиэтажных домов типовой серии 1-464 АС, г. Петропавловск-Камчатский
а) 60-е годы XX века; б) современное состояние (осень 2023 года)

Figure 3 – General view of multi-apartment five-storey buildings of the standard series 1-464 AC, Petropavlovsk-Kamchatsky
a) the 60s of the twentieth century; b) the current state (autumn 2023)

В конце ноября 1971 года на Камчатке произошло землетрясение. «...Сила землетрясения в Петропавловске составила 6–7 баллов, а в отдельных микрорайонах города она достигала 8 баллов. Землетрясение было одним из самых сильных в истории Петропавловска... Больше всего пострадали здания областной больницы, медицинского училища, мореходного училища, нескольких средних школ, швейной фабрики, цеха судоремонтной верфи, причалы морского порта. 117 семей подлежали немедленному выселению из домов и квартир,

находившихся в аварийном состоянии. Серьезно пострадал жилой дом № 74 по улице Ленинградской – он был полностью расселен на время восстановительных работ. На устранение разрушений были мобилизованы все строительные организации города...» [ИА «Кам 24» <https://kam24.ru/news/main/20211125/85592.html#.oS33RWJS.dpuf>]. В обследовании пострадавших в результате землетрясения зданий участвовали специалисты целого ряда организаций, среди которых ГПИ «Камчатскгражданпроект», КО «Гипрорыбпром», ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, ДальТИСИЗ и институт вулканологии. Сводные данные о результатах обследования хранились в архиве ФГУП «Научно-технический центр по сейсмостойкому строительству и инженерной защите от стихийных бедствий», которое к настоящему моменту оказалось ликвидировано. Авторам удалось ознакомиться лишь с частью сохранившихся архивных материалов, которые были оцифрованы.

По сведениям, содержащимся в архивных материалах, установлено, что крупнопанельные дома получили повреждения от 0,5 до 3 степени согласно шкале MSK-64. Кроме этого, отмечается, что повреждения распределялись неравномерно по высоте зданий. Наибольшее количество их было выявлено в уровне 2–4 этажей. Анализ описанных повреждений позволил установить, что наиболее распространенными типами повреждений являлись:

- *в наружных стенах* – трещины по контуру панелей, главным образом, горизонтальные по шву между панелями первого и цокольного этажей;
- *во внутренних стенах* – трещины в вертикальных стыках между бетоном замоноличивания и панелью, по контуру закладных деталей и железобетонных шпонок, наклонные трещины по телу панелей в местах прохождения электроканалов, вертикальные и наклонные трещины в перемычках;
- *в перегородках* – трещины по периметру перегородок, а в отдельных случаях, смещение перегородок;
- *в перекрытиях* – почти повсеместное раскрытие швов между плитой перекрытия и стеновыми панелями, трещины по полю плиты перекрытия в местах размещения электроканалов.

Учитывая результаты обследования и тот факт, что в 1970 году расчетная сейсмичность Петропавловска-Камчатского была повышена до 9 баллов [10], была выполнена корректировка типового проекта серии 1-464 АС. Для повышения сейсмостойкости до 8,5 баллов были предложены технические решения, направленные на усиление стыковых соединений, также было повышено армирование панелей, при условии сохранения прежних габаритных размеров и оснастки. Технологически доработать серию 1-464-АС до сейсмостойкости 9 баллов без изменения оснастки местного домостроительного комбината не представилось возможным. Таким образом, проектная сейсмостойкость домов по откорректированной серии 1-464-АС-К (рис. 4) имела дефицит 0,5 балла (без учета фактических дефектов и повреждений) по отношению к действующему в то время СНиП II-A.12-69* «Строительство в сейсмических районах».



Рисунок 4 – Общий вид многоквартирных пятиэтажных домов типовой серии 1-464 АС-К, г. Петропавловск-Камчатский
а) 70-е годы XX века; б) современное состояние (осень 2023 года)

Строительство домов по скорректированным проектам (серия 1-464 АС-К) началось в 1972 году и продолжалось до 1983 года. С 1983 года строительство крупнопанельных жилых домов на Камчатке велось по новым типовым проектам: серии 1-138с (рис. 5), разработанной ЦНИИЭП жилища на 9 баллов, серии 1-138ск, усовершенствованной ГПИ «Камчатскгражданпроект», и серии 189, разработанной ГПИ «Камчатскгражданпроект».

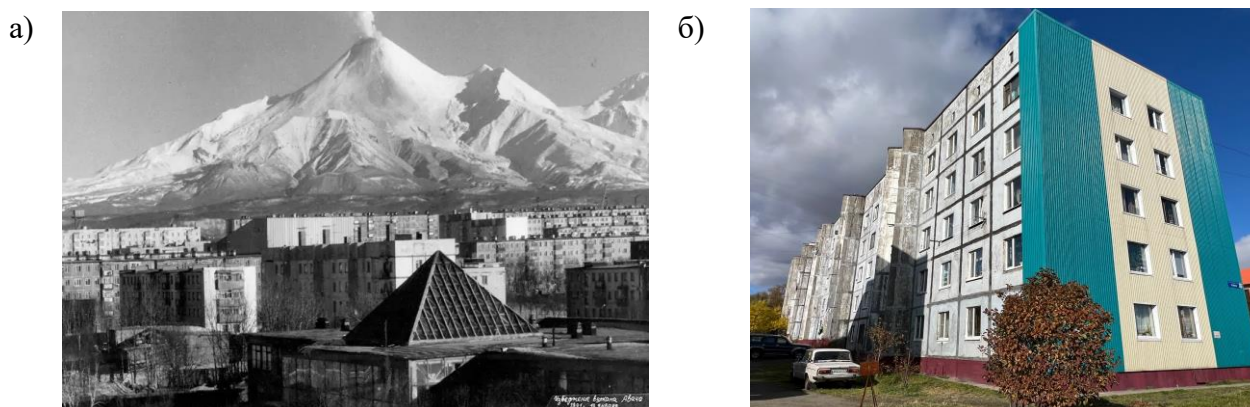


Рисунок 5 – Общий вид многоквартирных пятиэтажных домов типовой серии 1-138С, г. Петропавловск-Камчатский
а) 80-е годы XX века
б) современное состояние (осень 2023 года)

В связи с переводом ряда районов строительства на Камчатке на более высокую сейсмичность (9 баллов) и ожидаемым сильным землетрясениям, вопрос о фактической сейсмостойкости крупнопанельных зданий, построенных по типовым сериям 1-464АС и 1-464АС-К стал весьма актуален. В 1996 году был выполнен анализ степени их сейсмостойкости, и разработаны рекомендации по усилению.

Проведенный расчетно-теоретический анализ показал, что надежность домов серий 1-464 АС и 1-464 АС-К при землетрясении интенсивностью 9 баллов обеспечивается с 98 % вероятностью, что выше требуемой (90–95 %) по действующему на тот момент СНиП П-7-81* «Строительство в сейсмических районах». При такой обеспеченности надежности гарантируется безопасность людей при землетрясении, и поэтому никаких «силовых» усилений,

направленных на повышение сейсмостойкости зданий, дополнительно производить не требуется.

Аналогичный вывод сделан и в обосновании методики по обследованию зданий типовой застройки с целью определения их сейсмостойкости и необходимости сейсмоусиления (к техническому регламенту Камчатки ТРК-01-2009). По мнению конструкторов ГУП «Камчатскгражданпроект», крупнопанельные здания серий: 1-464 АС, 1-138с, 1-138ск, 189 обследованию на сейсмостойкость не подлежали. В связи с этим база имеющихся повреждений для этих домов отсутствует. Однако, жалобы жителей на возникающие дефекты и повреждения в домах даже после землетрясений незначительной интенсивности появляются регулярно.

Авторы статьи поставили своей целью разработать конструктивные решения, способствующие повышению сейсмостойкости крупнопанельных зданий типовых серий 1-464 АС, 138с, 138к, 189 (рис. 6). Получив из архивных материалов значения проектной сейсмостойкости, необходимо было сравнить их с фактической сейсмостойкостью, то есть сопоставив проектные и расчетные значения, оценить дефицит сейсмостойкости, и далее, зная характерные повреждения, разработать способы повышения сейсмостойкости до проектных значений.

а)



П.Г. Кувакин 04.1989.

б)



Рисунок 6 – Общий вид многоквартирных пятиэтажных домов типовой серии 1-189, г. Петропавловск-Камчатский

а) 80-е годы XX века

б) современное состояние (осень 2023 года)

Обработка информации, имеющейся у авторов на момент написания статьи, позволила выполнить анализ проектной сейсмостойкости крупнопанельных зданий типовых серий, построенных в Камчатском крае. Также была выполнена оценка решений по повышению сейсмостойкости серий, разработанных региональным проектным институтом. На основании проведенных исследований был сделан вывод о необходимости повышения сейсмостойкости данных панельных зданий.

Исходя из результатов анализа, проектная сейсмостойкость зданий серий 1-464 АС и 1-464 АС-К составляет около 60% от требуемой на данный момент, а зданий обновленных серий – около 88%. Однако, следует отметить, что данные расчеты справедливы для новых зданий, а также зданий, не подвергавшихся сейсмическим воздействиям (без характерных повреждений).

На территории Камчатского края с начала строительства произошли множественные землетрясения с магнитудой до 7,7 (1973, 1983, 1984, 1988, 1992, 1993, 1997, 2003, 2004, 2006, 2013, 2016, 2018, 2020, 2023), конструкции всех зданий в регионе, в том числе панельных, получили повреждения различной степени (до $d=2$), что оказало влияние на их несущую

способность. Таким образом, фактическая сейсмостойкость поврежденных конструкций рассматриваемых зданий потенциально ниже ввиду снижения жесткости узлов сопряжения панелей, а также трещиноватости самих панелей.

Кроме того, отметим, что нормативный вес снегового покрова (а с ним, соответственно, и расчетный) вырос более, чем в 1,6 раза при равных коэффициентах (с 2,5 кПа по нормам СНиП II-6-74 для VI снегового района до 4,1 кПа по действующему СП 20.13330.2016 для VIII снегового района), что также неблагоприятно сказывается на результатах поверочных расчетов.

На данном этапе проработки вопроса не представляется возможным оценить степень влияния указанных факторов на реальную сейсмостойкость зданий, однако, уже сейчас становится очевидно, что пренебрежение имеющимся дефицитом сейсмостойкости может привести к трагическим последствиям.

Обсуждение

Полученные результаты соотносятся с заключением специалистов ГУП «Камчатскгражданпроект» от 2009 года в том, что проектная сейсмостойкость панельных зданий выше, чем мелкоблочных и крупноблочных, которые также широко представлены в существующей застройке Камчатского края. При этом при оценке фактической сейсмостойкости крупнопанельных домов следует учитывать имеющиеся дефекты и повреждения конструкций, полученных за время их эксплуатации в ходе землетрясений низкой интенсивности.

Стоит отметить, что инженеры ГУП «Камчатскгражданпроект» стремились защитить наиболее уязвимые в сейсмическом отношении здания (они же наиболее ветхие), и в 2009 году речь об усилении современных панельных домов не шла. Более того, региональный бюджет уже в те времена был глубоко дефицитным, и лишних денег в дотационном регионе не было. С экономической точки зрения усиление крупнопанельных зданий в то время представлялось не вполне целесообразным.

Выводы

В настоящее время в Камчатском крае имеется более восьмисот сорока крупнопанельных зданий.

В связи с отсутствием в отечественной практике сколь-либо применимой схемы сейсмоусиления жилого фонда указанных серий [9], оценить предполагаемый объем работ и затрат на данный момент представляется достаточно сложным, но учитывая актуальность, это будет необходимо сделать в ближайшем будущем.

На следующем этапе планируется разработать технические решения и методику сейсмоусиления существующих панельных зданий рассмотренных серий с требуемым расчетным обоснованием и оценкой экономической эффективности, что позволит провести необходимые мероприятия в рамках реализации Стратегии развития Камчатского края и сохранить десятки тысяч жизней в случае наступления сейсмического события высокой интенсивности.

Список литературы

1. Левина В.И., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Чеброва Ю.А. Сейсмичность Камчатского региона 1962–2011 гг. // *Вулканология и сейсмология*. 2013. № 1. С. 41–64.
2. Методика по обследованию зданий типовой застройки с целью определения их сейсмостойкости и необходимости сейсмоусиления. Технический регламент Камчатки

- ТРК 01-2009. Петропавловск-Камчатский, ГУП Камчатского края «Камчатскгражданпроект», 2009.
3. Викулин А.В. Наиболее известные исторические землетрясения Камчатки и их последствия. Петропавловск-Камчатский, КФ ФИЦ ЕГС РАН (каталог)
 4. Лишак В.И., Ашкинадзе Г. Н., Бранденбург Б.Ю. Рекомендации по проектированию крупнопанельных зданий для сейсмических районов. М.: ЦНИИЭП жилища. М., 1985.
 5. Черкашин А.В., Фетисов В.И., Щигель Л.С. Рекомендации по восстановлению и усилению зданий массовой застройки». М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1990.
 6. Ашкинадзе Г.Н., Соколова М.Е. Железобетонные стены сейсмостойких зданий: исследования и основы проектирования. М.: Стройиздат, 1988.
 7. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий. М., 1983.
 8. Белаш Т.А., Зенченкова Д.В. Сейсмостойкие конструкции крупнопанельных зданий. СПб.: ПГУПС, 2019.
 9. Гулак Л.И., Лицукова А.С., Криволапова В.В. Исследование необходимости реконструкции крупнопанельных жилых зданий в сейсмических районах Российской Федерации. Воронеж.
 10. Гусев А.А., Петухин Е.М., Гордеев Е.И., Чебров В.Н. Средние спектры Фурье сильных движений грунта при землетрясениях Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 2006.

References

1. Levina V.I., Lander A.V., Mityushkina S.V., Chebrova Yu.A. Sejsmichnost' Kamchatskogo regiona 1962–2011 gg. *Vulkanologiya I seismologiya*. 2013, no.1, pp. 41–64. [In Russian]
2. Metodika po obsledovaniyu zdaniy tipovoj zastrojki s tsel'yu opredeleniya ih sejsmostojkosti i neobkhodimosti sejsmousileniya. Tekhnicheskij reglament Kamchatki TRK 01-2009. Petropavlovsk-Kamchatskij, GUP Kamchatskogo kraja «Kamchatskgrazhdanproekt», 2009.
3. Vikulin A.V. Naibolee izvestnye istoricheskie zemletryaseniya Kamchatki i ih posledstviya. Petropavlovsk-Kamchatskij, KF FIC EGS RAN (katalog).
4. Lishak V.I., Ashkinadze G.N., Brandenburg B.Yu. Rekomendatsii po proektirovaniyu krupnopanel'nykh zdaniy dlya sejsmicheskikh rajonov. M.: CNIIEP zhilishcha. M., 1985.
5. Cherkashin A.V., Fetisov V.I., Shchigel L.S. Rekomendatsii po vosstanovleniyu i usileniyu zdaniy massovoj zastrojki. M.: TsNIISK im. V.A. Kucherenko, 1990.
6. Ashkinadze G.N., Sokolova M.E. Zhelezobetonnye steny sejsmostojkikh zdaniy: issledovaniya i osnovy proektirovaniya. M.: Strojizdat, 1988.
7. Polyakov S.V. Sejsmostojkije konstruksii zdaniy. M., 1983.
8. Belash T.A., Zenchenkova D.V. Sejsmostojkije konstruksii krupnopanel'nykh zdaniy. SPb.: PGUPS, 2019.
9. Gulak L.I., Licukova A.S., Krivolapova V.V. Issledovanie neobkhodimosti rekonstruksii krupnopanel'nykh zhilykh zdaniy v sejsmicheskikh rajonakh Rossijskoj Federatsii. Voronezh.
10. Gusev A.A., Petuhin E.M., Gordeev E.I., Chebrov V.N. Srednie spektry Fur'e sil'nykh dvizhenij grunta pri zemletryasenyakh Kamchatki. Petropavlovsk-Kamchatskij, 2006.

Информация об авторах /Information about authors

Захарченко Иван Валентинович, генеральный директор ООО инженерно-архитектурный центр «Новый Город», аспирант кафедры «Строительные сооружения, конструкции и материалы» АО «НИЦ «Строительство». Петропавловск-Камчатский, Российская Федерация

Ivan V. Zakharchenko, postgraduate student of the Department of Building structures, structures and materials of JSC Research Center of Construction, General Director of LLC “Engineering and Architectural Center “New City”. Petropavlovsk-Kamchatskij, Russian Federation

Смирнова Любовь Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные сооружения, конструкции и материалы», ученый секретарь АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

Luybov N. Smirnova, Cand. Sci. (Engineering), assistant professor of the Department of «Building structures, structures and materials», academic secretary of JSC Research Center of Construction. Moscow, Russian Federation