



Научная статья

DOI 10.22363/2312-8143-2019-20-1-28-36

УДК 622.22:624.1

## Повышение эффективности городских подземных сооружений в качестве объектов гражданской обороны

Р.С. Федюк\*, П.Г. Козлов†, А.В. Мочалов‡, И.И. Панарин§, Р.А. Тимохин\*\*, Ю.Л. Лисейцев††

Дальневосточный федеральный университет, Российская Федерация, 690091, Владивосток, ул. Суханова, 8

*История статьи:*

Поступила: 22 октября 2018

Доработана: 15 января 2019

Принята: 30 января 2019

*Ключевые слова:*

подземные объекты;  
защитные сооружения;  
вместимость;  
площадь;  
вентиляция

Стремительное развитие городов, а также растущее число природных и техногенных катастроф делает актуальной задачу размещения части городских сооружений различного назначения под землей, а также проектирование эксплуатации этих объектов в условиях чрезвычайных ситуаций. Статья посвящена исследованию возможности использования городских подземных сооружений в качестве защитных объектов в горных регионах России (на примере Приморского края). Доказано, что для успешного освоения подземного пространства и реализации имеющихся проектов следует разработать соответствующую градостроительную программу, в которой были бы увязаны социально-экономические вопросы с архитектурно-планировочными и инженерно-техническими мероприятиями. Такая программа необходима на стадии инженерного освоения новых территорий или при реконструкции участков старой застройки. Установлены технологические параметры эффективности подземных сооружений двойного назначения. За решающие параметры при проектировании подобного сооружения были приняты вместимость, объем сооружения и необходимый объем воздуха. Выявленные математические зависимости объема подземного сооружения от количества укрываемых людей и необходимой вентиляции от вместимости позволяют интерполировать и экстраполировать, получая необходимые параметры технологической эффективности использования городских подземных сооружений в качестве объектов двойного назначения.

\* Доцент Учебного военного центра, к.т.н., доцент; [goman44@yandex.ru](mailto:goman44@yandex.ru)

† Аспирант кафедры горного дела и комплексного освоения георесурсов; преподаватель, Учебный военный центр

‡ Аспирант кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений; начальник учебной части, заместитель начальника, Учебный военный центр

§ Аспирант кафедры горного дела и комплексного освоения георесурсов; начальник военной кафедры факультета военного обучения

\*\* Студент, Учебный военный центр

†† Аспирант кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений; преподаватель факультета военного обучения

© Федюк Р.С., Козлов П.Г., Мочалов А.В., Панарин И.И., Тимохин Р.А., Лисейцев Ю.Л., 2019



## Введение

Строительное пространство современных городских агломераций характеризуется стремительным развитием: по вертикали вверх — в высоту и вниз — под землю. Рациональное использование подземного пространства дает положительный экологический эффект, освобождая поверхность земли для человека, лесных и парковых насаждений.

Причинами освоения подземного пространства можно считать:

- недостаток свободных городских земель для нового строительства;
- необходимость реконструкции (развития) транспортной системы, разведение транспортного и пешеходного движения на разных уровнях;
- развитие системы обслуживания;
- увеличение количества транспортных средств и потребность в площадях для их хранения;
- развитие инженерного оборудования города;
- развитие строительных технологий.

Освоение городом подземных пространств ведет к более интенсивному и эффективному использованию территории, оптимизации транспортно-коммуникационной сети и, как следствие, сокращению временных затрат населения на передвижение. Масштабы подземного строительства постоянно увеличиваются. В первую очередь под землей размещают сооружения инженерно-транспортной инфраструктуры — транспортные линии и автомагистрали, парковки, транспортно-пересадочные узлы и др. [1].

Заслуживают внимание прогрессивные направления освоения подземного пространства, активно развиваемые во многих странах. Например, подземные железные дороги, скоростные подземные трамваи и метрополитены позволяют уменьшить последствия перенаселенности больших городов, высвободить площади для жилой застройки на поверхности земли и пропустить большие потоки людей. Глубокие подземные тоннели инженерных систем больших городов позволяют использовать их для многоцелевого назначения (канализации водопровода, транспорта, сброса ливневых вод и др.) и на этой основе обеспечить современную систему жизнеобеспечения при освоении подземного городского пространства [2].

Помимо этого, в современном мире, насыщенном природными и техногенными опасностями, имеется необходимость предусматривания инженерной защиты населения в гражданских подзем-

ных сооружениях. Объекты двойного назначения — это инженерные сооружения производственного, общественного, коммунально-бытового или транспортного назначения, приспособленные для укрытия людей, техники и имущества от опасностей, возникающих в результате последствий аварий на потенциально опасных объектах, а также воздействия современных средств поражения.

В связи с этим актуальным является формирование подходов и методов регулирования рационального использования городского подземного пространства для размещения гражданских сооружений двойного назначения.

Целью работы является определение технологической эффективности использования подземных сооружений в качестве объектов двойного назначения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проклассифицировать подземные пространства;
- определить целесообразность использования подземных пространств для объектов двойного назначения;
- систематизировать подземные сооружения, пригодные для инженерной защиты населения;
- выявить условия размещения объектов двойного назначения в зависимости от горно-геологических и горно-технологических факторов;
- определить границы параметров технологической эффективности использования подземных сооружений двойного назначения.

## 1. Виды подземных сооружений

В данной статье затрагиваются только городские подземные сооружения, которые классифицируются по назначению и характеру использования:

- инженерно-транспортные сооружения (метро, транспортно-пересадочные узлы, стоянки, тоннели, пешеходные переходы и т.п.);
- предприятия торговли и общественного питания;
- зрелищные, административные, спортивные сооружения (выставочные залы, конференц-залы, кинотеатры, тренажерные и спортивные залы, бильярдные и т.п.);
- объекты коммунально-бытового обслуживания (ателье, прачечные, химчистки, парикмахерские, ремонтные мастерские);

— объекты складского хозяйства (разгрузочные дебаркадеры, складские помещения, холодильные камеры и т.п.);

— объекты промышленного назначения и энергетики (лаборатории, цеха, котельные и т.п.);

— инженерное оборудование (трубопроводы, кабели, коллекторы и т.п.) [3].

Также существуют классификации по длительности пребывания человека, объемно-планировочной схеме, условиям расположения в городе, условиям залегания и др. Соответственно, в сооружениях двойного назначения необходимо предусматривать длительность пребывания укрываемых, объемно-планировочные схемы, оптимально обеспечивающие защиту, расположение в местах максимального проживания людей и т.д. [4].

Современными градостроительными концепциями предполагается распределение всех городских подземных сооружений по четырем уровням глубины:

— первый уровень (расположенный на максимальной глубине): коммуникации, эксплуатируемые без постоянного присутствия человека;

— второй уровень: предприятия промышленности и энергетики с постоянным присутствием ограниченного количества квалифицированного персонала;

— третий уровень: транспортные тоннели, гаражи и автостоянки, подсобно-складские помещения, разгрузочные дворы, служебные коммуникации и другие сооружения, кратковременно используемые неограниченным количеством людей;

— четвертый уровень (приповерхностный): пешеходные зоны и тяготеющие к ним учреждения, магазины, культурно-досуговые центры и прочие предприятия торгово-бытового обслуживания населения, постоянно эксплуатируемые и посещаемые неограниченным количеством людей.

Для успешного освоения подземного пространства и реализации имеющихся проектов следует разработать соответствующую градостроительную программу, в которой были бы увязаны социально-экономические вопросы с архитектурно-планировочными и инженерно-техническими мероприятиями. Такая программа необходима на стадии инженерного освоения новых территорий или при реконструкции участков старой застройки. Учитывая поставленную в исследовании цель, необходимо определить целесообразность использования каждого конкретного подземного объекта в военное время или во время чрезвычайной ситуации.

## **2. Параметры целесообразности использования подземных пространств для объектов двойного назначения**

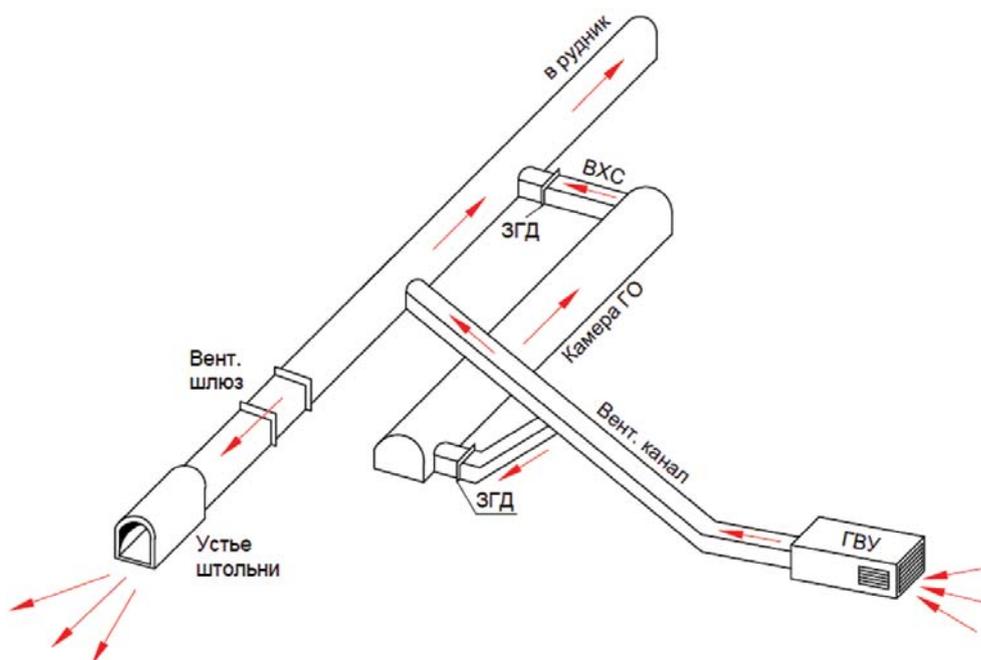
Подземные объекты следует активно использовать для нужд инженерной защиты населения. Их строительство необходимо предусматривать в районах новостроек, а уже существующие объекты приводить в соответствие с действующими требованиями защиты населения в чрезвычайной ситуации техногенного характера.

Для использования в качестве убежищ могут (и должны) применяться метрополитены, тоннели и другие городские подземные сооружения. По результатам отбора подземных объектов для использования в качестве защитных сооружений производится их постановка на учет в соответствующем субъекте РФ, определение и документирование их характеристик [4]. В итоге составляются подробные описи объектов с топографическими картами (планами) их местоположения.

Согласно действующим нормам, разработанным в 1970—1980-х годах, все защитные сооружения считаются абсолютно пригодными в качестве убежищ от различных видов оружия. Однако В.Г. Нарышкин и В.И. Пчелкин [5], учитывая современные средства поражения, предложили ввести дополнительный класс сооружений — «ограниченно пригодные». Класс «непригодные» присваивается убежищам, имеющим недостаточные габаритные размеры; расположенным в горных породах, склонных к самовозгоранию; находящимся в зонах возможного затопления паводковыми водами; оказавшимся в сильно обводненных, неустойчивых, закарстованных горных породах с интенсивными оползновыми явлениями; пересекающих участки с большими тектоническими нарушениями.

Например, при строительстве штольни Бункерная на руднике 2-й Советский в г. Дальнегорске было оборудовано убежище (рис. 1) вместимостью 400—600 чел. с целью его последующего использования при возникновении чрезвычайной ситуации природного или техногенного характеров. Данная схема является типовой для рудников, но убежище оборудуется лишь при нахождении рудника в пределах городской территории. Большинство рудников находятся на удалении более 1 км от города, поэтому защитные сооружения там не оборудуются.

В условиях расположения городов (например, Владивостока) на пересеченной местности, изоби-



**Рис. 1.** Типовая схема оборудования защитного сооружения на руднике  
**[Figure 1.** Typical equipment layout of the protective structure at the mine]

люющей холмами (возвышенностями) и оврагами, становится целесообразным размещение различных объектов в горных выработках (штольнях, тоннелях, камерных выработках и т.п.). Одним из приоритетных видов подземных сооружений будут парковки и гаражи для автомобильного и мотоциклетного транспорта, ведь в крупных городах и агломерациях очень сложно найти подходящую площадку для размещения и временного хранения техники на поверхности земли, а поместить ее в выработках и штольнях очень удобно.

При освоении подземного пространства в промышленных и хозяйственных целях целесообразным является использование существующей транспортной системы горного предприятия. От транспортных выработок строятся ответвления к местам размещения подземных объектов, проводятся обособленные вентиляционные и вспомогательные выработки для обеспечения запасных выходов [6].

При анализе технологической эффективности использования подземного сооружения необходимо проводить оценку по различным параметрам: от стоимости земли над сооружением до психологического состояния размещенных в этом сооружении людей. Однако, как уже было отмечено ранее, практически все подземные сооружения являются объектами двойного назначения. Поэтому вопрос стоимости земли, да и в целом затраты на строи-

тельство, находятся в подчиненном положении от вопросов вместимости и безопасности.

При строительстве и эксплуатации подземных сооружений в качестве объектов двойного назначения необходимо учитывать:

- природные условия и рельеф местности;
- горно-геологические и горно-технологические факторы;
- требования, определяющие порядок вскрытия и разработки горного тела (последовательность, способ и порядок возведения сооружения);
- негативное воздействие горных работ на окружающую среду.

Устойчивость, долговечность и надежность эксплуатации сооружений подземной городской инфраструктуры в значительной мере зависят от наличия технических характеристик конструктивных элементов этих сооружений. Ввиду ответственного назначения выработок и большого срока их службы особое значение будет иметь правильный выбор их формы, размеров и способов крепления. К примеру, штольни имеют сводообразное, трапециевидное или прямоугольное сечение и проводятся с уклоном 0,001—0,008 в сторону устья.

Форма и размеры поперечного сечения подземного сооружения должны обеспечивать необходимую технологическую возможность размещения в ней применяемого оборудования и инженерных

коммуникаций, а также соблюдение необходимых требований техники безопасности при транспортировке оборудования и материалов, вентиляции и водоотливе. При расчете проектного сечения выработки в проходке кроме толщины крепи необходимо учитывать горно-геологические характеристики вмещающих пород. Форма поперечного сечения выработки выбирается в зависимости от устойчивости пород, срока службы и назначения выработки. При гористом рельефе предпочтительнее использование горизонтальных выработок. Для них, как правило, принимается сводчатая форма поперечного сечения с вертикальными боковыми стенками [7].

Кроме того, на эффективность сооружения влияют различные технологические параметры: материалы несущих конструкций, влияние вибрации, взаимосвязь с существующими объектами, объем камерных выработок, производительность системы вентиляции, безопасность, габариты сооружения (полезная площадь, этажность), стоимость земли, сейсмостойкость и др. [8; 9].

Таким образом, выявлен спектр параметров технологической эффективности использования подземных защитных сооружений. Очевидно, что для защитных сооружений гражданской обороны (да и для подземных сооружений двойного назначения) основными параметрами являются вместимость, объем камерной выработки и необходимая вентиляция.

### 3. Эффективный объем сооружения

При комплексном освоении подземных камер большое значение имеет коэффициент полноты использования подземного пространства:

$$K_{\text{пп}} = V_{\text{пс}}/V_0,$$

где  $V_{\text{пс}}$  — объем подземного сооружения;  $V_0$  — общий объем пригодного для строительства подземного пространства.

Увеличение  $K_{\text{пп}}$  при неизменных значениях  $V_0$  имеет большое экономическое значение, поскольку происходит за счет вовлечения в хозяйственный оборот дополнительных объемов подземного пространства. Определение рациональных параметров подземных сооружений должно производиться с учетом их взаимного влияния и способов поддержания выработанного пространства. Полнота использования подземного пространства не должна зависеть от того, в каких зонах по безопасности предполагается строительство тех или иных сооружений [5].

Радиус сбора населения составляет 500—1000 м (эффективно до 800 м).

По вместимости убежища делятся на: малые (150—400 чел.), средние (400—600 чел.) и большие (600—1500 чел.).

График зависимости объема подземного сооружения от количества укрываемых людей (построен по нормам [10]) приведен на рис. 2.

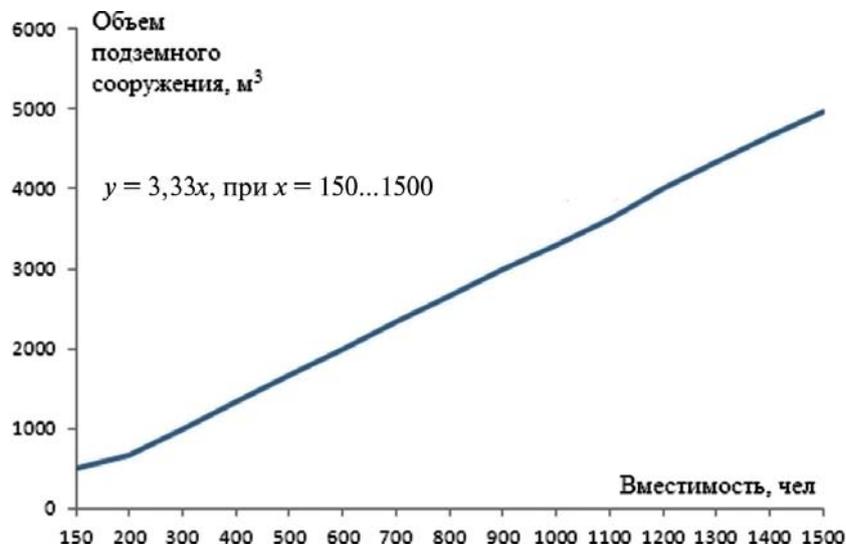


Рис. 2. Зависимость объема подземного сооружения от количества укрываемых людей  
[Figure 2. The dependence of the volume of underground structures from the number of people to be sheltered]

Построена практически линейная зависимость, интерполируя которую можно находить технологически эффективные параметры вместимости подземного сооружения двойного назначения и его объем.

Таким образом, выявлено, что экономически эффективные объемы камерных выработок находятся в диапазоне от  $500 \text{ м}^3$  (150 чел.) до  $5000 \text{ м}^3$  (1500 чел.). Это удовлетворяет нормативным значениям [10], в которых указано, что внутренний объем помещения должен быть не менее  $1,5 \text{ м}^3$  на одного укрываемого. Кроме того, учтены и вспомогательные помещения (выработки вспомогательного назначения), которые достигают 35–37 % от общего объема подземных сооружений. Капитальные затраты на проведение и оснащение этих выработок, их обслуживание в период эксплуатации подземного сооружения оказывают доминирующее влияние на технологическую эффективность его работы и конкурентоспособность.

#### 4. Расчет параметров проветривания

Воздухоснабжение горных выработок и пещер, используемых в качестве защитных сооружений, должно обеспечивать непрерывное пребывание в них укрываемых из расчета не менее двух суток [4].

Проветривание подземного пространства является одним из основных технологических процессов, обеспечивающих безопасные условия эксплуатации подземных сооружений. При строительстве подземных сооружений промышленного и социально-культурного назначения организация принуди-

тельного проветривания является обязательной. Для некоторых видов подземных сооружений считается, что для проветривания достаточно воздуха, движение которого в выработках возбуждается при ведении в них технологических операций [11].

Естественная тяга является природным фактором, оказывающим существенное влияние на условия проветривания подземного сооружения. Величина естественной тяги и ее доля в полном статическом напоре главной вентиляционной установки во многом определяются разницей высотных отметок устьев воздухоподающих и воздуховыдающих выработок в условиях горной местности и различной плотностью воздуха на этих отметках [11].

Одним из основных потребителей воздуха является человек. Расчет количества воздуха, необходимого для дыхания людей, занятых одновременно на подземных работах, в соответствии с Правилами безопасности при строительстве подземных сооружений производится по формуле:

$$Q_{\text{л}} = qN,$$

где  $q$  — количество воздуха, которое необходимо подать к рабочему месту человека,  $\text{м}^3/\text{мин}$  (в соответствии с Правилами безопасности при строительстве подземных сооружений [12],  $q = 6 \text{ м}^3/\text{мин}$ );  $N$  — наибольшее число людей, занятых одновременно на подземных работах.

При строительстве подземных сооружений конструктивные параметры транспортных выработок подземного объекта устанавливают на основе про-

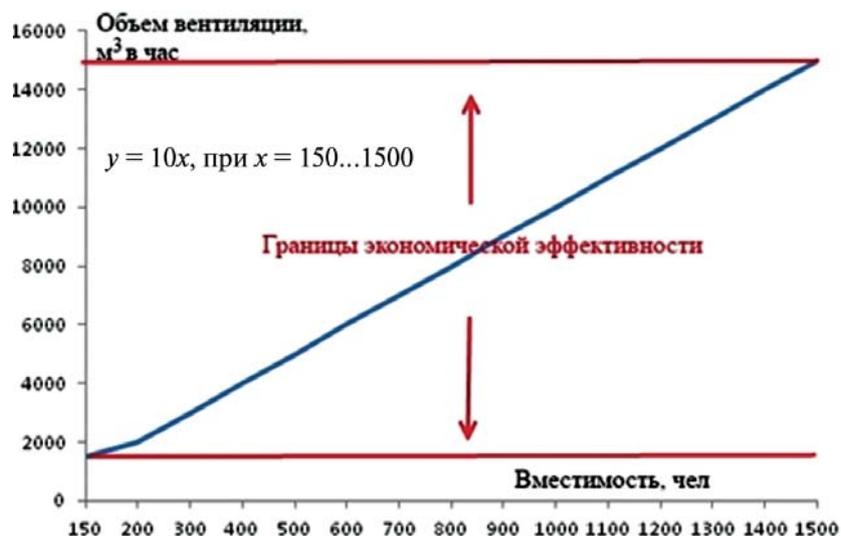


Рис. 3. Зависимость объема необходимой вентиляции от вместимости  
[Figure 3. Dependence of the volume of necessary ventilation on the number people to be sheltered]

ектируемых видов и типоразмеров транспортных средств и величин грузопотоков по подземным выработкам с учетом соблюдения условий проветривания этих выработок и технологических камер. Обеспечение 4-кратного обмена воздуха в течении часа для подземного объекта объемом более 50 тыс. м<sup>3</sup> соответствует условиям проветривания горных предприятий с годовой производительностью 150—200 тыс. т. При этом, согласно СНиП 32-04-97, скорость движения воздушного потока в выработках, в которых находятся люди, не должна превышать 6 м/с. Этот фактор имеет доминирующее значение при обосновании сечения воздухоподающих транспортных выработок [3; 13].

Для защитных сооружений вентиляцию необходимо рассчитывать из расчета 8—13 м<sup>3</sup> на человека в час в зависимости от климатической зоны [10]. Например, Приморский край относится ко 2 зоне — 10 м<sup>3</sup> на человека в час.

Зависимость объема необходимой вентиляции от вместимости представлена на рис. 3.

## Заключение

По итогам исследования выявлены технологические параметры подземных сооружений двойного назначения. За решающие параметры при проектировании такого сооружения были приняты вместимость, объем сооружения и необходимый объем воздуха. Установлены следующие эффективные границы данных параметров:

- вместимость — 150—1500 человек;
- объем сооружения — 500—5000 м<sup>3</sup>;
- воздухообмен — 1500—15000 м<sup>3</sup>/ч.

Полученные математические зависимости объема подземного сооружения от количества укрываемых людей и необходимой вентиляции от вместимости позволяют интерполировать и экстраполировать, получая необходимые параметры технологической эффективности использования городских подземных сооружений в качестве объектов двойного назначения.

## Список литературы

[1] Макаров В.В., Хрулев Е.А., Хрулев Ю.А. Эффективность использования подземного пространства мегаполисов // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2016. № 1. С. 143—146.

- [2] Прохоров Н.И., Моисеев В.А. Использование подземного пространства в инженерно-геологических условиях г. Тулы // Известия ТулГУ. Науки о земле. 2014. Вып. 1. С. 61—64.
- [3] Макишин В.Н., Фаткулин А.А. Условия формирования и перспективы развития подземного пространства городов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 3. С. 220—225.
- [4] Котляревский В.А., Ганушкин В.И., Костин А.А. и др. Убежища гражданской обороны: конструкция и расчет. М.: Стройиздат, 1989. 606 с.
- [5] Нарышкин В.Г., Пчелкин В.И. Проблема отбора горных выработок и пещер для их использования в качестве защитных сооружений на особый период // Технологии гражданской безопасности. 2013. Т. 10. № 2 (36). С. 56—60.
- [6] Макишин В.Н., Фаткулин А.А., Лесовский Б.Ф. Методология обоснования рациональных параметров транспортных выработок подземных сооружений: монография. Владивосток: Изд-во ДВГТУ. 2008. 112 с.
- [7] Орлов А.О., Смирнов Ю.Г. Оценка конструктивно-компоновочных решений подземных комплексов для атомных станций малой мощности в арктических регионах России // Известия вузов. Горный журнал. 2018. № 4. С. 29—34.
- [8] Liao R. Overview of Anti-Seismic Researches of Underground Structures // E3S Web of Conferences 38. 2018. 03038.
- [9] Ranjbar N., Mehrli M., Maheri M.R., Mehrli M. Hot-pressed geopolymer // Cement and Concrete Research. 2017. No. 100. Pp. 14—22.
- [10] СП 88.13330.2014. Защитные сооружения гражданской обороны. 2014. 46 с.
- [11] Макишин В.Н., Куделина М.В., Хрулев Е.А., Хрулев Ю.А. Особенности освоения подземного пространства городов в условиях гористой местности // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2014. № 3/4. С. 187—210.
- [12] ПБ 03-428-02. Правила безопасности при строительстве подземных сооружений. М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2009. 75 с.
- [13] Батаршин В.О., Козлов П.Г., Федюк Р.С. Особенности развития горнодобывающей промышленности Приморского края // Приоритетные направления развития экономики Дальнего Востока: материалы региональной (с международным участием) научно-практической конференции. 2017. С. 165—169.

### Для цитирования:

Федюк Р.С., Козлов П.Г., Мочалов А.В., Панарин И.И., Тимохин Р.А., Лисейцев Ю.Л. Повышение эффективности городских подземных сооружений в качестве объектов гражданской обороны // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2019. Т. 20. № 1. С. 28—36. DOI 10.22363/2312-8143-2019-20-1-28-36

## Improving the efficiency of urban underground structures as objects of civil defense

Roman S. Fediuk\*, Pavel G. Kozlov†, Aleksandr V. Mochalov‡,  
Igor I. Panarin§, Roman A. Timokhin\*\*, Yuriy L. Liseitsev‡‡

Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova St., Vladivostok, 690091, Russian Federation

### Article history:

Received: October 22, 2018

Revised: January 15, 2019

Accepted: January 30, 2019

### Keywords:

underground objects;  
protective structures;  
capacity;  
area;  
ventilation

The rapid development of cities, as well as the growing number of natural and man-made disasters, makes it important to place part of various urban buildings underground, as well as design the operation of these facilities in emergency situations. The article is devoted to the study of the possibility of using urban underground structures as protective objects in the mountainous regions of Russia (using the example of Primorsky Krai). It was proved that for successful development of underground space and implementation of existing projects, an appropriate urban planning program should be developed, which would link socio-economic issues with architectural planning and engineering and technical measures, and such a program is necessary at the stage of engineering development of new territories or during reconstruction plots of old buildings. The technological parameters of the efficiency of dual-purpose underground structures are revealed. Capacity, volume of the structure and the required volume of air were taken as decisive parameters in the design of such a structure. The obtained mathematical dependences of the volume of the underground structure on the number of people being sheltered and the necessary ventilation on the capacity allow to interpolate and extrapolate, obtaining the necessary parameters of the technological efficiency of using urban underground structures as dual-use objects.

## References

- [1] Makarov VV, Khrulev EA, Khrulev YuA. Effektivnost' ispol'zovaniya podzemnogo prostranstva megapolisov [Efficiency of use of underground space of megacities]. *Vestnik inzhenernoy shkoly DVFU [Bulletin of the School of Engineering FEFU]*. 2016;(1): 143–146. (In Russ.)
- [2] Prokhorov NI, Moiseev VA. Ispol'zovaniye podzemnogo prostranstva v inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh g. Tuly [The use of underground space in the engineering-geological conditions of the Tula city]. *Izvestiya TulGU. Nauki o zemle [News of the TSU. Earth Sciences]*. 2014;(1): 61–64. (In Russ.)
- [3] Makishin VN, Fatkulin AA. Usloviya formirovaniya i perspektivy razvitiya podzemnogo prostranstva gorodov [Conditions of formation and development prospects of the underground space of cities]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy [Gorny informative and analytical bulletin]*. 2010;(3): 220–225. (In Russ.)
- [4] Kotlyarevsky VA, Ganushkin VI, Kostin AA et al. *Ubezhitel'naya grazhdanskoy oborony: konstruktsiya i raschet [Shelters of civil defense: design and calculation]*. Moscow: Stroyizdat Publ.; 1989. (In Russ.)
- [5] Naryshkin VG, Pchelkin VI. Problema otbora gornykh vyrabotok i peshcher dlya ikh ispol'zovaniya v kachestve zashchitnykh sooruzheniy na osoby period [The problem of selection of mine workings and caves for their use as protective structures for a special period]. *Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti [Civil Security Technologies]*. 2013;10(2(36)): 56–60. (In Russ.)
- [6] Makishin VN, Fatkulin AA, Lesovsky BF. *Metodologiya obosnovaniya ratsional'nykh parametrov transportnykh vyrabotok podzemnykh sooruzheniy [Methodology of substantiation of rational parameters of the transport workings]*

\* Assistant Professor of Military Training Center, PhD; roman44@yandex.ru

† PhD student of Department of Mining and Integrated Development of Georesources; lecturer of Military Training Center

‡ PhD student of Department of Hydraulic Engineering, Theory of Buildings and Structures; lecturer of Military Training Center

§ PhD student of Department of Mining and Integrated Development of Georesources; Head of the Military Department, Faculty of Military Training

\*\* Student, Military Training Center

‡‡ PhD student of Department of Hydraulic Engineering, Theory of Buildings and Structures; lecturer of Military Training Center

- of underground structures*]. Vladivostok: DVG TU Publ.; 2008. (In Russ.)
- [7] Orlov AO, Smirnov YuG. Otsenka konstruktivno-komponovochnykh resheniy podzemnykh kompleksov dlya atomnykh stantsiy maloy moshchnosti v arkticheskikh regionakh Rossii [Assessment of design and layout solutions of underground complexes for low-power nuclear power plants in the arctic regions of Russia]. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of Universities. Mining Journal]*. 2018;(4): 29—34. (In Russ.)
- [8] Liao R. Overview of Anti-Seismic Researches of Underground Structures. *E3S Web of Conferences*. 2018;(38): 03038.
- [9] Ranjbar N, Mehrali M, Maheri MR, Mehrali M. Hot-pressed geopolymer. *Cement and Concrete Research*. 2017;(100): 14—22.
- [10] SP 88.13330.2014. *Zashchitnyye sooruzheniya grazhdanskoy oborony [The protective shelters of civil defense]*. 2014.
- [11] Makishin VN, Kudelina MV, Khrulev EA, Khrulev YuA. Osobennosti osvoyeniya podzemnogo prostranstva gorodov v usloviyakh goristoy mestnosti [Features of the development of the underground space of cities in conditions of mountainous terrain]. *Vestnik inzhenernoy shkoly DVFU [Bulletin of the School of Engineering FEFU]*. 2014;(3/4): 187—210. (In Russ.)
- [12] PB 03-428-02. *Pravila bezopasnosti pri stroitel'stve podzemnykh sooruzheniy [Safety rules for the construction of underground structures]*. Moscow: NTTS “Proiyshlennaya bezopasnost” Publ.; 2009. (In Russ.)
- [13] Batarshin VO, Kozlov PG, Fediuk RS. Osobennosti razvitiya gornodobyvayushchey promyshlennosti Primorskogo kraya [Features of the mining industry of Primorsky Krai]. *Prioritetnyye napravleniya razvitiya ekonomiki Dal'nego Vostoka: materialy regional'noy (s mezhdunarodnym uchastiyem) nauchno-prakticheskoy konferentsii [Priority directions of development of the economy of the Far East: materials of the regional (with international participation) scientific-practical conference]*. 2017: 165—169. (In Russ.)

**For citation:**

Fediuk RS, Kozlov PG, Mochalov AV, Panarin II, Timokhin RA, Liseitsev YuL. Improving the efficiency of urban underground structures as objects of civil defense. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2019;20(1): 28—36. DOI 10.22363/2312-8143-2019-20-1-28-36 (In Russ.)