

## Камнеулавливающие барьеры для защиты частных домов. Случай из практики



**В горных районах Западной Европы сетчатые барьеры для защиты людей и инженерных объектов от камнепадов активно используются уже более 50 лет. Однако, например, в Канаде и в России опыт по их проектированию и установке начал накапливаться не так давно. В связи с этим предлагаем вниманию читателей обзор материалов работы сотрудника канадского представительства компании Trumer Schutzbauten А. Бехлера «Камнеулавливающие барьеры: технология, используемая для защиты домов в прибрежных зонах Британской Колумбии» [8].**

**Консультационную помощь редакции при подготовке этой статьи оказали специалисты российского представительства австрийской компании Trumer Schutzbauten — одного из лидеров на рынке услуг в сфере инженерной защиты территорий.**

**Аналитическая служба  
[info@geoinfo.ru](mailto:info@geoinfo.ru)**

### **Введение**

Сетчатые камнеулавливающие (противокамнепадные) барьеры используются для защиты инфраструктуры, зданий и людей в горных районах Западной Европы уже более 50 лет. Эти системы состоят из стальных стоек на фундаментах, иногда с тросами-оттяжками, и плетеных стальных сеток, натянутых на стойки с помощью несущих тросов, закрепленных грунтовыми анкерами. На оттяжках и несущих канатах часто имеются амортизирующие (тормозные) элементы для дополнительного рассеивания энергии при ударах камней [6]. Такие барьеры могут поглощать энергию удара до 10 тыс. кДж (рис. 1).



**Рис. 1.** Испытание камнеулавливающего барьера на удар бетонного снаряда массой 13 т, движущегося со скоростью 100 км/ч (то есть на энергию удара 5000 кДж) [8]

Однако в Канаде, несмотря на наличие обширных горных районов, крутых побережий и значительные опасности камнепадов, использование таких защитных сооружений началось позже и до недавнего времени ограничивалось лишь крупными бюджетными проектами, да и то не так часто. Причины этого связаны с недостаточным инженерно-техническим опытом, небольшими возможностями для испытаний, нехваткой производственного оборудования, высокой стоимостью таких барьеров в Канаде и малым количеством строительных компаний, способных их устанавливать в соответствии с местными требованиями и требованиями международной сертификации. Но все же в последние 15 лет камнеулавливающие барьеры начали более активно применять и в Канаде, в том числе для эффективной защиты небольших объектов, например частных жилых домов вдоль тихоокеанского побережья Британской Колумбии [8].

Британская Колумбия – самая западная и наиболее красивая провинция Канады, ограниченная с запада побережьем Тихого океана (рис. 2). Ее территории на 75% покрыта горами высотой более 1000 м над уровнем моря. Внутренняя континентальная часть, прикрытая с запада горами, обладает полузасушливым климатом с жарким летом и холодной зимой на юге и более холодным климатом вплоть до субарктического на севере, поэтому население там невелико (более того, северные две трети территории почти не заселены). Однако прибрежная часть Британской Колумбии, особенно на юге, благодаря теплоте течения Куросио имеет мягкий климат с дождливой зимой, сухим летом,



среднегодовой температурой до 12 град. и является наиболее населенной. Извилистая береговая линия провинции (материковой части и островов) с множеством глубоких фьордов имеет общую длину 27 тыс. км и является в основном гористой.



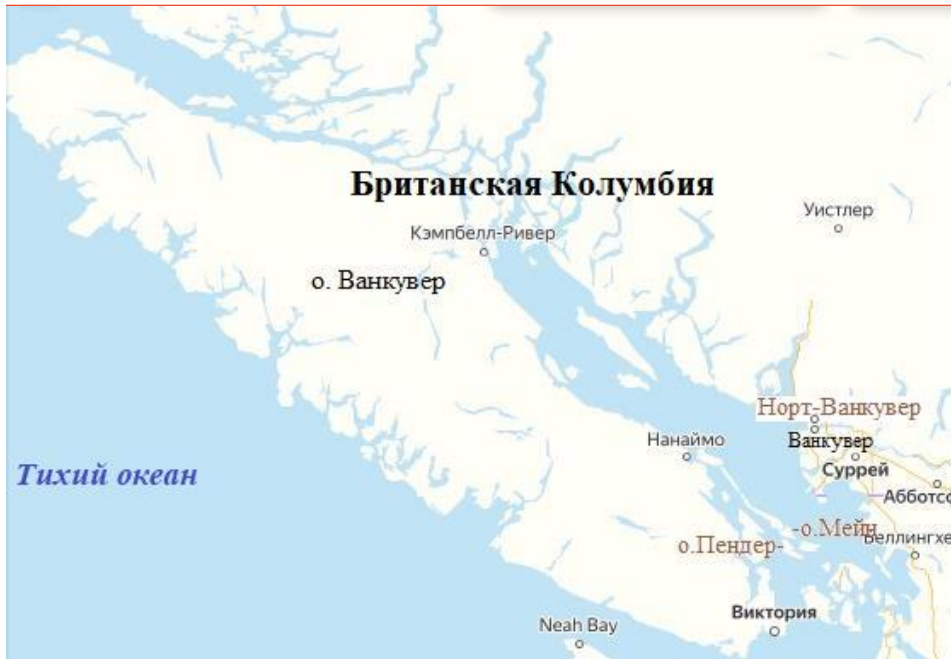
**Рис. 2.** Расположение провинции Британская Колумбия на территории Канады (по [2])

Территория Британской Колумбии превышает по площади Германию, Францию и Нидерланды вместе взятые. Ее столицей является Виктория, расположенная на юго-востоке острова Ванкувер, а самым большим городом (2,5 млн человек вместе с пригородами) – Ванкувер, который находится в южной части материкового побережья (рис. 3). Экономика провинции преимущественно базируется на природных ресурсах. Ее промышленный рост и культурный расцвет начались в основном после Второй мировой войны и продолжаются до сих пор. Всего там проживает более 5 млн человек, но численность населения продолжает стремительно увеличиваться, поскольку высокое качество жизни делает Британскую Колумбию одним из основных мест для иммиграции в Канаду (каждый год туда прибывает более 40 тыс. новых жителей со всего света). Кроме того, активно развивается туризм, причем наибольшей популярностью пользуется живописная природа береговых хребтов. Поэтому новое строительство ведется там особенно активно. Растут не только города, но и пригородные районы, застроенные частными домами и туристическими коттеджами [1, 2, 7].



**Рис. 3.** Город Ванкувер и его окрестности в юго-западной материковой части Британской Колумбии [7]

Из вышесказанного становится ясно, что в рассматриваемой провинции Канады все чаще встает вопрос о защите от камнепадов не только крупных, но и небольших объектов. Далее мы представим обзор материалов статьи менеджера канадского представительства компании Trumer Schutzbauten А. Бехлера «Камнеулавливающие барьеры: технология, используемая для защиты домов в прибрежных зонах Британской Колумбии» [8]. В этой работе рассмотрены три примера строительства противокамнепадных систем над расположенными на прибрежных склонах частными домами – в районе города Норт-Ванкувер, на островах Пендер и Мейн, находящихся в наиболее населенной юго-западной провинции (рис. 4).



**Рис. 4.** Расположение города Норт-Ванкувер и островов Пендер и Мейн на карте (по [9])

### **Защита частных домов в окрестностях города Норт-Ванкувер**

Опасность камнепадов для ряда частных домов в окрестностях города Норт-Ванкувер на юго-западном побережье материковой части Британской Колумбии исходила от крутого склона с обнажениями выветрелой коренной породы (трещиноватого гранита). Поверхность склона там является почти вертикальной, местами даже нависающей, и поднимается над коттеджами примерно на 45 м. При инженерных изысканиях было выявлено, что оттуда могут срываться скальные блоки размером от 20 до 75 см.

Общая стоимость защиты этих домов от камнепадов составила 132 тыс. долларов США. Из них 31 тыс. долларов ушла на камнеулавливающие барьеры (половина – на материалы, а остальное – на проектирование и строительство). Для сравнения, стоимость только одного среднего по цене дома в тех местах значительно превышает 500 тыс. долларов. Поэтому защита домов с помощью сетчатых систем получилась относительно недорогой, не говоря уже о том, что она может спасти чьи-то жизни, а не только имущество.

Сначала была выполнена оборка склона, то есть его очистка от свободно лежащих, неустойчивых и потенциально опасных камней при помощи ломов и даже буровзрывных работ, иногда с анкерным креплением потенциально опасных участков и с обязательным хотя бы временным ограждением нижележащих зон [4, 8]. Затем в местах обнажений скальных пород были устроены сетчатые противокампнепадные завесы, уложены и закреплены их несущие тросы с использованием анкерных креплений.

Но над двумя домами было предложено установить камнеулавливающие барьеры, потому что выявлению мест возможного зарождения камнепадов для их драпировки там препятствовали растительный покров и тонкий слой перекрывающих пород.

Были выбраны сетчатые барьеры высотой 3 м со стойками, жестко соединенными со своими фундаментами, способные противостоять энергии ударов до 100 кДж (воздействию обломков массой до 410 кг, движущихся вниз со скоростью 90 км/ч). Нижний барьер имеет две стойки, верхний барьер – одну. Вместо концевых стоек – почти вертикальные



поверхности коренной породы. Шаг стоек составляет около 10 м при общей длине барьеров 30 м.

Для закрепления каждой стойки на склоне использован небольшой железобетонный опорный башмак (опорная плита), закрепленный на достаточно прочной коренной породе тремя стержневыми анкерами, то есть замоноличенными металлическими стержнями. Боковые грунтовые анкеры для закрепления несущих тросов также выполнены за счет пробуривания коренной породы. Оттяжек для жестких стоек не потребовалось.

Интересно, что эти противокаменпадные системы имеют главную часть (собственно сам стандартный барьер) и дополнительную часть сетки снизу, которая закрывает зазоры вдоль линии стоек из-за неровностей рельефа (рис. 5) [8].



**Рис. 5.** Противокаменпадный барьер над одним из коттеджей в окрестностях города Норт-Ванкувер [8]

### **Защита особняков на острове Пендер**

Особняки на острове Пендер, для которых потребовалась защита от камнепадов, находятся у подножия 20-метрового склона, имеющего уклон около 45 град. и вертикальные участки высотой от 1 до 3 м, разделенные неровными участками с умеренным уклоном. Местами обнажающиеся на склоне коренные породы из свиты нанаймо (Nanaimo) представляют собой крупнозернистые конгломераты и массивные песчаники с редкими тонкими прослоями глинистых сланцев. Они имеют текстуру от массивной до сильнотрещиноватой с близко расположенными трещинами,

ориентированными перпендикулярно напластованию, с отдельными участками серий согласных трещин (ориентированных параллельно слоистости или сланцеватости как в плане, так и на разрезе).

Степень опасности камнепадов с этого склона варьирует от средней до высокой и усугубляется потенциальной опасностью от землетрясений даже с небольшой или средней магнитудой. Изыскания показали, что оттуда могут срываться скальные блоки размером до 2 м. Меры по инженерной защите рассматриваемых коттеджей были оценены примерно в 80 тыс. долларов.

Сначала, как и в предыдущем примере, была выполнена оборка склона над домами, а также его оконтуривание (контурное взрывание) и местами обделка торкрет-бетоном. Кроме того, для защиты особняков в долгосрочной перспективе были использованы сетчатые камнеулавливающие барьеры, рассчитанные на низкую энергию удара (до 100 кДж).

Однако в одном месте, где два частных дома располагаются на опасном склоне друг над другом, было невозможно принять индивидуальные защитные меры по стабилизации склона из-за проблем с границами землевладений. Там был устроен общий противокаменная барьер высотой 2 м и длиной 20 м, рассчитанный на динамические воздействия с энергией до 1000 кДж, способный улавливать достаточно крупные блоки скальных пород. Для безопасности оборка склона выполнялась после создания барьера.

Установленная камнеулавливающая система (рис. 6) имеет три стойки, жестко прикрепленные к своим фундаментам. Их шаг составляет 10 м. Железобетонные фундаменты закреплены в коренной породе с помощью стержневых анкеров. Боковые несущие тросы с одной стороны барьера заанкерены непосредственно в скальной коренной породе, а с другой стороны – с использованием микросваи со стержневым анкером. Кроме того, дальше по склону была устроена защитная стенка из бутовой кладки.



**Рис. 6.** Камнеулавливающий барьер над жилым домом на острове Пендер [8]

Общая стоимость защитных мер для этих двух особняков, включая инженерные, юридические, строительные затраты и цены на материалы, составила около 40 тыс.

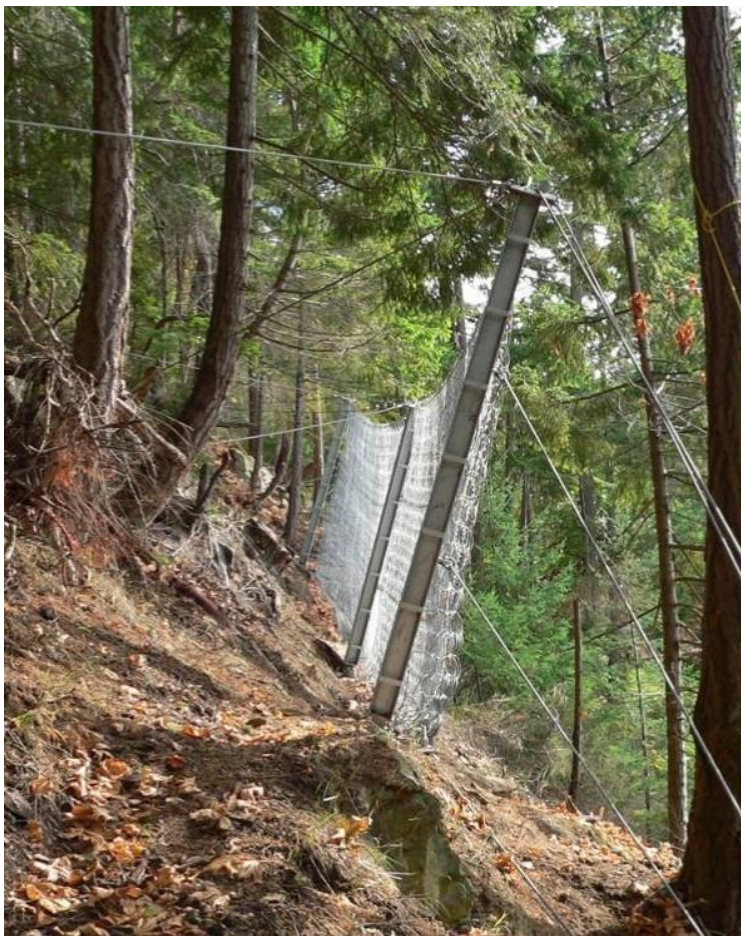


долларов. Примерно половина из этого ушла на камнеулавливающий барьер, при этом материалы для него стоили примерно 10 тыс. долларов [8].

### **Защита коттеджей на острове Мейн**

При инженерных изысканиях для строительства коттеджа, гаража и гостевого дома с навесом для лодок на острове Мейн была выявлена серьезная опасность камнепадов с крутого склона с обнажениями коренных пород из свиты нанаймо (Nanaimo), усиленная потенциальной сейсмической активностью. Рекомендации по переносу строительства дома в другое место были неприемлемы для владельца участка.

В итоге над этим участком были установлены два защитных барьера (рис. 7, 8) с шарнирным креплением стоек к своим фундаментам, поскольку системы с шарнирными стойками ведут себя более упруго и поглощают больше энергии, чем системы с жесткими опорными конструкциями. Первый барьер имеет высоту 4 м, длину 80 м и рассчитан на энергию удара до 1000 кДж (удар бетонного снаряда массой 3,2 т, движущегося со скоростью 100 км/ч) (рис. 7). Второй имеет высоту 3 м, длину 30 м и рассчитан на динамическое воздействие величиной до 500 кДж (удар бетонного снаряда массой 1,6 т, движущегося со скоростью 100 км/ч) (рис. 8). Стойки этих барьеров могут немного откидываться, поворачиваясь на шарнирах относительно опорных пластин. Поэтому для них потребовались удерживающие тросы (оттяжки), а также более тяжелый и более упругий материал.



**Рис. 7.** Противокампнепадный барьер рассчитанный на энергию удара до 1000 кДж, для защиты частного дома на острове Мейн [8]





**Рис. 8.** Противокампнепадный барьер, рассчитанный на энергию удара до 500 кДж, защищающий гараж рядом с частным домом на острове Мейн [8]

Условия на рассматриваемом участке склона были сложными. Бурение и строительство там пришлось выполнять вручную. На деревьях был закреплен ряд зиплайнов (устройств из тросов и блоков, размещенных по линии склона между двумя расположенными друг над другом точками [3]) для перемещения бурового оборудования и тяжелых стальных балок. Все анкеры опорных башмаков (по два на башмак) и анкеры для несущих тросов и оттяжек были буринъекционными, чтобы укрепить толстый верхний слой грунта и подстилающие его довольно слабые скальные породы в местах установки.

Общая стоимость защитных мер составила около 140 тыс. долларов США, из которых материальные затраты составили примерно одну треть [8].

### **Заключение**

По мере расширения рынка и появления новых доступных продуктов стоимость приобретения, проектирования и установки сетчатых противокампнепадных барьеров в Канаде уменьшается, поэтому такие меры инженерной защиты становятся там все более доступными и распространенными. В том числе на гористом тихоокеанском побережье канадской провинции Британская Колумбия один за другим осуществляются небольшие проекты по защите частных жилых домов и их жителей от камнепадов с использованием

сетчатых барьеров [8]. Этот опыт очень полезен и для России, где продолжает активно развиваться индивидуальное строительство в горных и прибрежных районах.

*Если у читателей возник интерес к работе рассмотренных систем или необходимость в проектировании, производстве, монтаже и обслуживании сетчатых конструкций для защиты от опасных проявлений склоновых процессов, они всегда могут обратиться в российское представительство австрийской компании Trumer Schutzbauten – ведущего мирового производителя систем защиты от опасных природных процессов и явлений [5, 10] и одного из партнеров независимого электронного журнала «ГеоИнфо».*

### Источники

1. Британская Колумбия // Жизнь в Канаде.рф 08.05.2017 <https://жизнь-в-канаде.рф/провинции/британская-колумбия/>.
2. Британская Колумбия // Ru.Wikipedia. Дата последнего обращения: 24.06.2020. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Британская\\_Колумбия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Британская_Колумбия).
3. Зиплайн // Ru.Wikipedia. Дата последнего обращения: 25.06.2020. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Зиплайн>.
4. Оборка горных склонов // АльпМонтаж. Дата последнего обращения: 24.06.2020. URL: <http://www.alpmontazh.kg/oborka-gornyx-sklonov-v-kyrgyzstane-bishkek-promyshlennyy-alpinizm-vysotnye-raboty.html>.
5. ООО «ТРУМЕР ШУТЦБАУТЕН РУС» // TRUMER SCHUTZBAUTEN GMBH. Дата последнего обращения: 18.05.2020. URL: <https://www.geoinfo.ru/brand/trumer-shchutcbauten-rus-trumer-schutzbauten-gmbh/>.
6. Оптимальный противокамнепадный барьер. Рассуждения на основе передового опыта // Geoinfo.ru. 08.04.2019. URL: <https://www.geoinfo.ru/product/analiticheskaya-sluzhba-geoinfo/optimalnyj-protivokamnepadnyj-barer-rassuzhdeniya-na-osnove-peredovogo-opyta-40577.shtml>.
7. Провинция Британская Колумбия: полезная информация // Наш Ванкувер. 02.06.2020. URL: <https://nashvancouver.com/britanskaya-kolumbiya/>.
8. Bichler A. Rockfall catchment fences: Technology being used to protect coastal BC homes // Island Geoscience. 2010. Vol. 7. № 1. URL: [https://www.for.gov.bc.ca/hfd/LIBRARY/IslandGeoscience/Island\\_Geoscience\\_2010spring.pdf](https://www.for.gov.bc.ca/hfd/LIBRARY/IslandGeoscience/Island_Geoscience_2010spring.pdf).
9. <https://yandex.ru/maps>.
10. Natural Hazard Protection // TRUMER Schutzbauten. The last access date: 20.05.2020. URL: <https://trumer.ca/wp-content/uploads/2017/03/Trumer-Natural-Hazard-Protection.pdf>.

### Заглавное фото:

[for.gov.bc.ca/hfd/LIBRARY/IslandGeoscience/Island\\_Geoscience\\_2010spring.pdf](https://www.for.gov.bc.ca/hfd/LIBRARY/IslandGeoscience/Island_Geoscience_2010spring.pdf) [8].