

The background image shows a cityscape with several multi-story apartment buildings. In the foreground, there is a large, deep excavation site with a concrete retaining wall. A blue crane or piece of machinery is visible on the right side of the excavation. The sky is overcast.

**В. Е. Ольховатенко, О. А. Бычков,
Н. А. Чернышова**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ОТ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Томский государственный архитектурно-строительный университет»

В.Е. Ольховатенко, О.А. Бычков, Н.А. Чернышова

ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Учебное пособие

Томск
Издательство ТГАСУ
2020

УДК 502.52:551.435.627(075.8)

ББК 20.18я73

О567

Ольховатенко, В.Е.

О567 Инженерная защита урбанизированных территорий от опасных природных процессов : учебное пособие / В.Е. Ольховатенко, О.А. Бычков, Н.А. Чернышова. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2020. – 80 с. – Текст: непосредственный.

ISBN 978-5-93057-928-4

В учебном пособии освещаются научно-методические подходы и практические рекомендации по инженерной защите урбанизированных территорий от опасных процессов. Рассматриваются инженерно-геологические условия развития опасных оползневых процессов на территории г. Томска. Обосновываются методы инженерной защиты территорий, зданий и сооружений от опасных природных процессов.

Предназначено для бакалавров и магистров по направлению «Техносферная безопасность».

УДК 502.52:551.435.627(075.8)

ББК 20.18я73

Рецензенты:

Л.А. Строкова, докт. геол.-мин. наук, профессор Отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов, ТПУ;

Т.А. Кожухарь, канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры инженерной геологии, мостов и сооружений на дорогах, ТГАСУ.

ISBN 978-5-93057-928-4

© Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2020

© Ольховатенко В.Е., Бычков О.А., Чернышова Н.А., 2020

ВВЕДЕНИЕ

Развитие опасных природных и техно-природных процессов на нашей планете приобретает глобальный характер и приводит к многочисленным разрушениям инфраструктуры в различных странах и гибели населения.

Решению проблем инженерной защиты территорий посвящены многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых, а их результаты нашли отражение в трудах международных конференций и симпозиумов. Исследование опасных природных и техно-природных процессов с целью разработки методов инженерной защиты территорий г. Томска в течение длительного времени проводились кафедрой инженерной геологии и геоэкологии ТГАСУ под руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора В.Е. Ольховатенко. Результаты этих исследований использовались при подготовке настоящего учебного пособия.

Для разработки мероприятий инженерной защиты на оползнеопасных территориях г. Томска потребовалось проведение детальных инженерно-геологических исследований, позволивших выявить условия формирования опасных процессов и природно-техногенных факторы их развития. Одновременно давалась оценка эффективности применяемых на территории г. Томска противооползневых мероприятий, разработанных различными проектно-изыскательскими и научными организациями. С учетом этого были разработаны и изложены в учебном пособии научно-методические рекомендации по оценке состояния и устойчивости природно-технических систем на территории Лагерного сада, мкр. Солнечный, Каштачной и Воскресенской гор. Одновременно даны рекомендации по организации мониторинга природно-технических систем на урбанизированные территории Томской агломерации.

Учебное пособие предназначено для бакалавров и магистров по направлению «Техносферная безопасность», а также для аспирантов и сотрудников проектно-изыскательских организаций, занимающихся инженерной защитой территорий от опасных процессов.

1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1.1. Термины и определения

Инженерно-строительная деятельность человека, или строительный техногенез, протекает в области пространства, именуемого **геологической средой**, под которой понимаются любые горные породы, почвы и искусственные (техногенные) геологические образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамические системы. Понятие «геологическая среда» было введено Е.М. Сергеевым в 1979 г. и им же были определены ее границы. Верхней границей геологической среды является поверхность рельефа (дневная поверхность), а нижняя граница – плавающая, неоднородная и неодинаковая по глубине, определяется глубиной проникновения техногенных (антропогенных) воздействий в земную кору в ходе различных видов деятельности человека. Компонентами геологической среды являются горные породы, рельеф и геоморфологические особенности рассматриваемой территории, подземные воды, геологические и инженерно-геологические процессы и явления, развитые на данной территории.

Строительство представляет собой область производственной деятельности с исключительно высокой степенью экологической ответственности, т. к. в короткие промежутки времени формирует **природно-технические системы (ПТС)**, представляющие собою совокупность форм взаимодействия природной среды с техническими сооружениями. Под геотехнической системой (ГТС) понимают совокупность форм взаимодействия технических сооружений с геологической средой. На современном этапе постоянно усиливающаяся техногенная нагрузка на геологическую среду приводит к возникновению опасных геологических процессов. **Опасные геологические процессы (ОГП)** – изменение состояния приповерхностной части литосферы (геологиче-

ской среды), обусловленное естественными или техногенными причинами, которое может привести к негативным последствиям для человека, объектов хозяйства и окружающей среды. Наиболее распространенными типами опасных геологических процессов (по ГОСТ 22.1.02–97, ГОСТ Р 22.1.06–99 и СНиП 22-02–2003) являются карстово-суффозионные, эрозионные, склоновые процессы, а также подтопление. Подробная классификация и характеристика опасных процессов и явлений приведена у В.И. Осипова.

Активизация ОГП при строительном освоении территорий является причиной изменения состояния и устойчивости ГТС, что приводит к нарушению динамического равновесия в их эксплуатации и возникновению чрезвычайных ситуаций.

Согласно СНиП 22-02–2003 под **инженерной защитой территорий** понимается комплекс сооружений и мероприятий, направленных на предупреждение отрицательного воздействия опасных геологических, экологических и других процессов на территорию, здания и сооружения, а также защиту от их последствий. Необходимость инженерной защиты определяется в соответствии с оценкой риска опасных геологических процессов. **Геологический риск** – это вероятностная мера геологической опасности или их совокупности, определяемая в виде возможных потерь (ущерба) за заданное время. Следует также отметить, что немаловажным условием успешной реализации мероприятий по инженерной защите является ее уровень, который может быть либо удовлетворительным, либо неудовлетворительным. Удовлетворительный уровень инженерной защиты обеспечивает устойчивость ГТС даже в случаях **опасного состояния** геологической среды, когда развитие ОГП приводит к утрате динамического равновесия при эксплуатации ГТС и возникновению чрезвычайных ситуаций.

На сегодняшний день инженерная защита территорий как научное направление интенсивно развивается и превращается в комплексную совокупность научных и инженерных принципов по улучшению природной окружающей среды. Решаемые

проблемы здесь носят переходный характер и входят в компетенцию специалистов различных научных направлений, изыскателей, проектировщиков, эксплуатационников. По современным представлениям инженерную защиту окружающей среды следует отнести к экологическим проблемам, в решении которых главная роль должна принадлежать инженеру-экологу. Подготовка специалистов данного профиля ведется в Томском государственном архитектурно-строительном университете.

1.2. Обоснование мероприятий по инженерной защите

Необходимость инженерной защиты определяется в соответствии с положениями Градостроительного кодекса, генеральными планами, существующими планировочными решениями, требованиями заказчика и, как было сказано выше, с учетом оценки риска опасных геологических процессов.

Исходными материалами для проектирования схем инженерной защиты служат результаты инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических и инженерно-экологических изысканий. Факторы, которые следует учитывать при обосновании инженерной защиты, как правило, делят на природные и техногенные. Ниже приводится характеристика этих факторов применительно к оползневым процессам.

К природным факторам относятся:

Погодно-климатические особенности, оказывающие существенное влияние на общую устойчивость территории, прежде всего потому, что могут способствовать проявлению неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений экзогенного характера, таких как выветривание, пучение, эрозия, подтопление и пр. Общеизвестным является тот факт, что периоды образования оползней повсеместно совпадают с периодами длительных морозящих дождей. Ливневые же осадки, в свою очередь, способствуют больше оврагообразованию и линейной эрозии.

Частые переходы температуры через 0 °С приводят к эффекту расклинивания в горных породах за счет замерзания и оттаивания воды, содержащейся в порах и трещинах. На склонах южной экспозиции быстрое весеннее оттаивание грунтов приводит к солифлюкционным явлениям – спывам талых грунтов вниз по мерзлым. Даже такой метеорологический фактор, как ветровой режим может либо усиливать, либо ослаблять проявление вышеуказанных процессов. Таким образом, изучение климатических условий района является обязательным при оценке устойчивости территории и разработке мероприятий по инженерной защите.

Геоморфологические особенности и рельеф местности являются неперенным условием, способствующим проявлению целого комплекса неблагоприятных природных и техногенных процессов. Так, например, общеизвестна приуроченность оползней к склонам и откосам определенной высоты и крутизны. Контрастность рельефа, резкие перепады высот создают запасы потенциальной энергии, приводящие к развитию оползневых явлений.

Геологическое строение территории является важнейшим фактором устойчивости. В большинстве случаев оползни распространены там, где склоны сложены глинистыми породами, где встречаются прослои или глинистые примазки, другие разности пород, образующие зоны ослабления. Именно здесь формируются потенциальные поверхности скольжения, по которым происходит смещение горных пород.

Гидрогеологические условия. Оползни не могут образовываться без участия подземных вод. Склоны, сложенные обводненными горными породами, более благоприятны для образования оползней по сравнению со склонами сухими и хорошо дренируемыми. Поэтому при характеристике и оценке устойчивости склонов и условий образования оползней подземные воды следует рассматривать как ведущий природный фактор.

К техногенным факторам относится **инженерная деятельность человека**, которая очень часто создает условия, благоприятствующие нарушению устойчивости. Подрезка склонов, крутое

заложение откосов, нарушение поверхностного и подземного стока и многие другие действия соизмеримы с природными факторами нарушения равновесия и способствуют образованию оползней.

1.3. Основные расчетные положения для обоснования противооползневых мероприятий

Применительно к оползнеопасным территориям для количественной оценки состояния геологической среды применяются различные методы оценки устойчивости склонов, в основе которых лежит уравнение Кулона:

$$\Sigma T = \Sigma N \operatorname{tg} \varphi + CL,$$

где T – сдвигающие силы (вес грунта, зданий, давление подземных вод и пр.); N – силы, сопротивляющиеся движению (прочность грунта).

Отношение сдвигающих сил к сопротивляющимся есть коэффициент устойчивости.

$$K_{st} = \frac{\Sigma N \operatorname{tg} \varphi + CL}{\Sigma T}.$$

При коэффициенте устойчивости $K_{st} > 1$ склон считается устойчивым (нормативное значение не менее 1,2), при $K_{st} < 1$ – неустойчивым, а при $K_{st} = 1$ находится в предельном состоянии.

По рекомендации В.Е. Ольховатенко, применительно к инженерно-геологическим условиям г. Томска при выборе метода расчета устойчивости необходимо учитывать:

- особенности геологического строения территории и, прежде всего, состав, физико-механические свойства и условия залегания пород;
- генетические типы оползней и динамику их развития;

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 3 |
| 1. Общие рекомендации по инженерной защите от опасных геологических процессов | 4 |
| 1.1. Термины и определения | 4 |
| 1.2. Обоснование мероприятий по инженерной защите | 6 |
| 1.3. Основные расчетные положения для обоснования противооползневых мероприятий | 8 |
| 1.4. Противооползневые мероприятия..... | 11 |
| 2. Классификация опасных геологических процессов на территории г. Томска | 19 |
| 3. Природно-климатические особенности развития опасных процессов на территории г. Томска | 26 |
| 3.1. Особенности геологического строения | 26 |
| 3.2. Гидрогеологические условия..... | 27 |
| 3.3. Климатические условия | 29 |
| 4. Инженерно-геологические условия территорий развития опасных геологических процессов | 32 |
| 4.1. Территория Лагерного сада | 32 |
| 4.1.1. Инженерно-геологические условия | 32 |
| 4.1.2. Мероприятия по инженерной защите | 36 |
| 4.2. Территория микрорайона Солнечный | 40 |
| 4.2.1. Инженерно-геологические условия | 40 |
| 4.2.2. Мероприятия по инженерной защите | 43 |
| 4.3. Территория Каштачной горы..... | 46 |
| 4.3.1. Инженерно-геологические условия | 46 |
| 4.3.2. Мероприятия по инженерной защите | 64 |
| 4.4. Территория Воскресенской горы | 69 |
| 4.4.1. Инженерно-геологические условия | 69 |
| 4.4.2. Мероприятия по инженерной защите | 72 |
| Вопросы для самоконтроля | 74 |
| Заключение | 76 |
| Библиографический список | 77 |

Учебное издание

*Ольховатенко Валентин Егорович
Бычков Олег Анатольевич
Чернышова Наталья Анатольевна*

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ОТ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Редактор Г.Г. Семухина
Технический редактор Н.В. Удлер

Подписано в печать 30.06.2020.
Формат 60×84/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,21. Тираж 81 экз. Зак. № 76.

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.