

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ РЕГИОНА

Для определения структурной прочности испытание грунта проводилось методом компрессионного сжатия. Для более точного построения компрессионных кривых все ступени давления принимались равными 0,0025 МПа. Все компрессионные кривые имели идентичное очертание – криволинейное с начальным участком, отличающимся незначительным приращением деформации с ростом вертикальных давлений, это обусловлено наличием у лессовых грунтов прочных структурных связей. Пока внешняя нагрузка воспринимается скелетом грунта, деформации образца незначительные. Как только действующее давление превышает прочность структурных связей – структурную прочность грунта, деформации образца увеличиваются. Математическая аппроксимация компрессионных кривых выполнялась на основе статистического обобщения результатов компрессионных испытаний твердых, полутвердых, тугопластичных лессовых суглинков и твердых и пластичных супесей. В основу статистического обобщения экспериментальных данных было положено отыскание корреляционных зависимостей начального коэффициента пористости от действующего давления в диапазоне 0,0-0,3 МПа. Все уравнения описывались степенной зависимостью с коэффициентом корреляции 0,94-0,99. Полученные корреляционные уравнения использовались для определения точек перегиба графиков  $e = f(p)$ , т.е. предела структурной прочности лессовых грунтов. Для этого брали

вторую производную полученных корреляционных зависимостей и приравнивали ее к нулю, после чего были получены корни решений этих дифференциальных уравнений. Первый корень соответствует величине структурной прочности.

### ВЫВОДЫ

Полученные результаты исследований структурной прочности лессовых грунтов позволяют рекомендовать использовать данный показатель при разработке региональной инженерно-геологической классификации лессовых грунтов (таблица 3). В основу классификации положены следующие принципы: генезис, состав, состояние и структурная прочность лессовых грунтов.

Дальнейшей перспективой исследований должно быть закрепление комплексного подхода оценки деформируемости лессовых оснований с разработкой практических методов расчета осадок и просадок, основанных на использовании механических моделей, учитывающих генетические и структурно-текстурные особенности лессовых пород. Внедрение таких моделей с отражением их в нормативной литературе позволит рассчитать достоверную величину деформации лессового основания и на этой основе определять тип рациональной конструкции фундаментов.

УДК 69 + 624.131.6 (0.8374)

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДТОПЛЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

О.Н. Романенко

*В статье приведена методика расчета коэффициента риска подтопления территории. Вследствие подтопления территории начинают проявляться негативные процессы, что приводит к необходимости характеризовать возникающую опасность как качественно, так и количественно.*

*Ключевые слова: геологическая среда, подтопление, уровень грунтовых вод, природные и техногенные факторы, коэффициенты опасности, уязвимости и риска подтопления.*

Подтопление городов, активно развивающееся в любых климатических условиях, сопровождается масштабными экологическими последствиями и наносит ущерб здоровью населения. Острота проблемы наиболее высока на сильно урбанизированных территориях, где концентрация населения

сочетается с наличием мощных источников вредного воздействия на окружающую среду. Так, подтопление от 80 до 100% площади урбанизированных территорий, характерное для Ярославской, Самарской, Саратовской, Краснодарской, Барнаульской и Новосибирской агломераций, приводит к существенному

росту затрат на обеспечение комфортной среды проживания человека.

Из 1092 городов России подтоплено около 70%. Подтопление ведет к повышению сейсмичности застроенных территорий на 1–2 балла. К загрязнению грунтовых вод тяжелыми металлами, нефтепродуктами, хлоридами, соединениями серы, пестицидами, а в ряде случаев и радионуклидами в результате утечки сточных вод из канализационных сетей, инфильтрации атмосферных осадков в местах складирования промышленных и бытовых отходов. Техногенное подтопление особенно опасно, потому что носит скрытый характер, его развитие провоцирует возникновение оползней, карста и т. д.

Анализируя значение экологической составляющей в существующей технологии проектно-изыскательских работ, принятой в Российской Федерации с 1997 года (СНиП 11-02-96; СП 11-102-97), А.Л. Ревзон, А. Л. Камышев (2001) отмечают, что исследования состояния природно-технической системы (ПТС) - совокупности состояний взаимодействия инженерных сооружений и компонентов природной среды - осуществляют на всех стадиях и этапах создания и функционирования сооружения, начиная от стадий предпроектных разработок до его строительства и эксплуатации, чего ранее, то есть до 1997 года, не осуществляли. Именно с этим и были связаны многие ошибки в размещении и проектировании ряда крупных инженерных сооружений, которые в совокупности с неправильной эксплуатацией застроенных территорий приводили к изменению гидрогеологических и инженерно-геологических условий. Одна из причин этого - отсутствие или недостаток оценочной информации.

До недавнего времени практическая деятельность по обеспечению безопасности, защиты населения и объектов народного хозяйства от опасных геологических процессов базировалась на концепции абсолютной надежности (безопасности), оказавшейся на деле недостижимой. В настоящее время на смену концепции абсолютной надежности приходит концепция приемлемого или допустимого риска как в технических и технологических, так и в природных системах. Эта концепция принята сейчас не только в России, но и во многих высокоразвитых странах (Нидерланды, США, Великобритания, Япония и др.). Проводниками этой идеи в России применительно к вопросам геологической безопасности стали работы Алексева В.С., Болгова М.В., Дзекцера Е.С., Коффа Г.Л., Крупнодерова В.С., Кузьмина В.В., Куранова Н.П.,

Кутепова В.М., Осипова В.И., Рагозина А.Л., Расторгуева А.В., Розанова Н.Н., Хоменко В.П., Шеко А.И. и др. Накопленный научный потенциал позволяет перейти от теоретических исследований к разработке практических рекомендаций, позволяющих давать количественную оценку степени риска происходящих геологических процессов, рассчитывать и обосновывать мероприятия по инженерной защите от опасных геологических процессов на основе концепции допустимого риска.

Подтопление представляет собой ту или иную степень опасности для городской территории, если уровень грунтовых вод превышает некоторую величину  $H_{кр}$  – критическая глубина подземных вод. В этом случае начинают проявляться негативные процессы вследствие подтопления территории, что приводит к необходимости характеризовать возникающую опасность как качественно, так и количественно.

Для этой цели используется методология, основанная на принципе введения количественного «критерия близости к идеальной точке».

Для количественной характеристики степени опасности подтопления городской территории можно использовать безразмерный коэффициент опасности подтопления  $K_{on}$  который должен отражать то место рассматриваемого процесса на данной территории, которое он занимает между «идеальным» вариантом ( $K_{on}^u$ ) и «негативно-идеальным» вариантом ( $K_{on}^{n-u}$ ).

Из самого определения коэффициента опасности подтопления следует, что для оценки этого коэффициента надо, прежде всего, выделить все показатели процесса подтопления, которые необходимо учитывать при возникновении негативных последствий от подтопления на городской территории.

Анализ результатов исследований процессов подтопления городских территорий позволяет выделить следующие три группы показателей опасности:

1. Положение уровня грунтовых вод или верховодки на городской территории.

2. Показатели качества грунтовых вод, характеризующие их агрессивность по отношению к подземным конструкциям, вызывающие засоление грунтов, ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки или загрязнение продуктивных водоносных горизонтов.

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДТОПЛЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

3. Показатели прочностных и деформационных свойств грунтов.

Для удобства дальнейшего изложения механизма количественной оценки опасности подтопления каждой из выделенных групп показателей присвоен свой номер: 1 – уровень; 2 - качество воды; 3 – свойства грунта.

В зависимости от количественных значений этих показателей выделены четыре степени опасности, каждой из которых также присвоен свой код:

- код 0 – безопасное состояние;
- код 1 – малая степень опасности;
- код 2 – средняя степень опасности;
- код 3 – большая степень опасности.

Представленный порядок введения номеров и кодов позволяет дать характеристику процесса подтопления городской территории, если она записана в цифровом выражении.

Таким образом, для характеристики опасности подтопления следует иметь соотношение между показателями процесса подтопления и кодами опасности, на основании которых может быть рассчитан коэффициент опасности, т.е. количественная величина, которую можно рассчитывать и использовать для обоснования необходимости защитных мероприятий.

Понятие «уязвимость» необходимо вводить и исследовать при оценке риска подтопления. Это понятие позволит четко отделить опасность подтопления от риска подтопления. Одна и та же оценка опасности подтопления разных территорий может приводить к негативным последствиям, которые по своим масштабам могут быть несоизмеримы. Это связано с особенностями самой территории, ее функциональным назначением, способностью объектов на данной территории реагировать на негативное развитие процессов подтопления, восприимчивой к опасному воздействию подтопления.

Для получения количественных характеристик уязвимости территории используется тот же прием, что и при описании опасности подтопления, а именно: вводится «критерий близости к идеальной точке» - коэффициент уязвимости:  $K_y$

$$\{\min V_i\} \leq K_y \leq \{\max V_i\}, i=1,2...M$$

где  $V_i$  - показатель, характеризующий уязвимость территории процессу подтопления, который на этой территории проявляется с той или иной степенью опасности;

M – количество показателей, характеризующих уязвимость территории.

Так же, как и коэффициент опасности, коэффициент уязвимости может быть нормирован, и его значения меняются в диапазоне от 0 до 1.

Введенное определение коэффициента уязвимости приводит к необходимости оценки этой величины для территорий различного функционального назначения (селитебная, промышленная территории, зоны рекреации, дороги, линии электропередач и т.п.) с учетом особенностей объектов на этой территории (например, этажность застройки, наличие подземных сооружений и глубины освоения подземного пространства и др.), степени их износа, надежности оснований, фундаментов и др.

На территории выделяются следующие основные показатели, которые определяют уязвимость территории процессу подтопления с присвоением им номера: этажность застройки (номер 1), степень освоения подземного пространства (номер 2), степень амортизации (износа) объекта (номер 3), типа фундамента (номер 4). Для каждого из выделенных показателей определен диапазон его изменения и представлен в виде дискретного одинакового числа отрезков, которым присваивается определенный код.

Предложенная методология является открытой, т.е. позволяет проводить следующий этап дифференциации, вводя для каждого типа этажности, например, материал или технологию строительства зданий.

Каждый из четырех выделенных показателей уязвимости (этажность, тип подвала, степень амортизации и тип фундамента) независим от других, а степень уязвимости застроенной селитебной территории зависит от их комплексного воздействия.

Процедура расчета коэффициента уязвимости селитебной территории сводится к присвоению четырехзначного кода этой территории и установлению связи между этим кодом и коэффициентом уязвимости.

Коэффициент риска подтопления территории:  $K_{pn} = K_{on} \cdot K_y$

не устанавливает сам по себе ущерб от подтопления, а лишь характеризует его, т.е. чем он выше, тем больше возможен ущерб и наоборот – меньшее значение коэффициента риска указывает на меньшую величину ущерба. Из формулы следует, что даже при большом коэффициенте опасности подтопления территории риск подтопления может быть небольшим, если коэффициент уязвимости территории мал. Верно и обратное, т.е. если уязвимость территории велика, а опас-

ность подтопления мала, то риск также может быть небольшим.

Процесс подтопления широко распространен на территории города Барнаула. Стояние высоких уровней в р. Оби с апреля по июль является первой причиной подтопления центральной части города грунтовыми водами. Река Барнаулка и ручей Пивоварка протекают через центральную часть города и являются естественными дренами.

Соответственно р. Барнаулка, в период стояния высоких уровней на р. Оби, находится в подпоре, что и вызывает резкий подъем уровня грунтовых вод на значительной части территории города. Если охарактеризовать грунтовые воды этой части города, то они представлены водоносными горизонтами пойменных отложений 1-ой, 2-ой, 3-ей террас р. Барнаулки, которые объединяются в один первый от поверхности водоносный комплекс аллювиальных отложений. Верхняя граница зоны представлена свободной поверхностью на глубинах от 0,0 до 10,6. Нижняя граница – водоупор – представлена суглинками и глинами Кочковской свиты.

Годовая амплитуда колебаний от 0,22 до 3,04 м. Максимальные амплитуды колебаний наблюдаются вблизи естественных дрен р. Барнаулки и р. Оби.

Застройка территории подтопления представлена селитебной зоной, включающей 4 района:

1. Поселок Кирова, состоящий из застройки частного сектора;

2. микрорайон Алтайского завода агрегатов (АЗА) представлен многоэтажной застройкой, благоустроен.

3) Район от р. Пивоварки до проспекта Красноармейский, преобладает преимущественно одноэтажная застройка;

4) Район от проспекта Красноармейский до р. Оби. Представлен старой 1-2-этажной застройкой, и последние годы интенсивно застраивается высотными домами. Наиболее благоустроенный район.

По данным АлтайТИСИза [3] за 14 лет (1976-1990 гг.) уровень грунтовых вод в старой части города, на террасах реки Барнаулки поднялся на 1 м и составляет 0 - 2 м. Площадь подтапливаемых территорий в старой, исторической части города составляет около 9 км<sup>2</sup>, в долине реки Пивоварки – около 4 км<sup>2</sup> (Азаров, 1999).

Подъем УГВ на территории 7 – микрорайона пос. Южный, территориально относящемуся к Центральному району г. Барнаула, происходит более 30 лет.

Южный расположен в 12 км юго-западнее г. Барнаула, на эродированном склоне Барнаульского увала Приобского плато. Естественными границами территории на севере является боровая полоса Барнаульской древней ложбины стока, врезанной в отложения Приобского плато, на юге – склоны, обращенные к долине р. Оби.

Подтопляемая территория охватывает следующие районы:

1) 7-й микрорайон пос. Южный (крупнопанельные, 9-ти этажные дома со свайным фундаментом; длина свай 7- 9 м);

2) жилой микрорайон (частный сектор) и гаражный кооператив «Спутник»;

3) ул. Полевая (частный сектор);

4) гаражный кооператив и садоводство «Южное» (западная и центральная часть);

5) район тепличного комплекса и строящийся 6-й микрорайон пос. Южного (ул. Радужная, Рассветная, Березовая и др.; (частный сектор);

6) северо-восточная часть с. Лебяжье (ул. Центральная, Молодежная, Садовая, Тепличная и др.) частный сектор.

Общая площадь подтапливаемой территории на 1995 г. составила 1,8 км.<sup>2</sup>

По данным инженерно- геологических изысканий прошлых лет в 1958 г. на территории современного пос. Южного грунтовые воды имели локальное распространение, напор 0,2- 1,45 м. и глубину залегания 10-11 м. от дневной поверхности (район пустыря на пересечении ул. Чайковского и Полевой).

В 1970 г. при изысканиях под строительство комплекса зданий профтехучилища (район улиц Белинского – Мусоргского) грунтовые воды до глубины 10 м. не встречались.

В 1977 году непосредственно на территории 7 микрорайона в центральной и северо-западных частях участка были вскрыты грунтовые воды на глубине 5 -14 м.

В 1990 г. в северо- западной части 7 – микрорайона были обнаружены во время изысканий грунтовые воды на глубине 2-3 м. Таким образом, среднегодовая скорость подъема У.Г.В. с конца 70<sup>х</sup> до начала 90<sup>х</sup> годов составила 0,2 -0, 8 м/год.

Техногенное подтопление является косвенной причиной изменения геологической среды на урбанизированных территориях.

Развитие процесса подтопления носит скрытый характер, что повышает геологический риск и опасность освоения территорий с высоким УГВ (менее 3м от дневной поверхности). Техногенное подтопление необходимо рассматривать как следствие изменения водного баланса и влажностного режима

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДТОПЛЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

приповерхностной части геологической среды.

На геологическую среду воздействуют естественные (природные) и техногенные (искусственные) факторы [1,2,3].

К естественным факторам относится геоморфологическое, геологическое, гидро-геологическое строение территории. К техногенным факторам относят подпор грунтовых вод свайными полями, техногенное уплотнение грунтов, нарушение структуры грунтов в результате хозяйственной деятельности, утечки из водонесущих коммуникаций и водосодержащих емкостей.

Неблагоприятные природные условия в совокупности с техногенными факторами способствует подъему УГВ.

Из техногенных факторов в первую очередь необходимо выделить утечки из водонесущих коммуникаций и водосодержащих емкостей.

По состоянию на 1.01.97 г. 214 км (35,6 % от общей протяженности сетей) имеют износ близкий к 100%, 106,2 км от 75% до 100%. Ввиду того, что более 80% сетей введено в эксплуатацию до 1984 года, в последние годы прирост объемов трубопроводов амортизированных на 100% существенно увеличился и составляет 15-25 км в год. Коммуникации после 20 лет эксплуатации дают утечки до 40 -50%.

Как следствие – увеличение имеющихся зон замоченных грунтов, их слияние и формирование нового подвешенного водоносного горизонта, а в дальнейшем смыкание его с грунтовыми водами.

На территории г. Барнаула не проводились комплексные инженерно- геологические исследования опасных природно-техногенных геологических процессов и явлений, к которым относится подтопление, не разработаны общие направления защиты объектов многоотраслевой инфраструктуры города.

Поэтому в первую очередь необходимо обобщить материалы исследований, выявить причины повышения УГВ и факторы способствующие развитию данного процесса, в каждом конкретном случае.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров Б. Ф. Учет особенностей геологической среды урбанизированных территорий при решении градостроительных задач // Гуманизм и строительство на пороге третьего тысячелетия. Барнаул : АлтГТУ, 1999. – С. 70 -73.
2. Пурдик Л.Н. Барнаул. Ландшафты и экология. Барнаул: «Азбука», 2007. – 256 с.
3. Опасные природные процессы г. Барнаула. Прогноз их развития и воздействия на жизнедеятельность города. Барнаул: ФГУП АлтайТИСИЗ, 2003. – 96 с. (Отчет. Фонды Алтай ТИСИЗ).

УДК 624.154.001.4

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПУЧИНИСТОСТИ СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Г.И. Швецов, Р.О. Шевченко

*В статье изложена проблема пучинистости суглинистых грунтов Алтайского края, приведены основные задачи, которые необходимо решать для углубленного изучения пучинистых свойств региона. Так же в тексте описывается установка, с помощью которой проводились эксперименты по изучению степени морозного пучения, перечислены некоторые выводы о сделанных исследованиях, дана оценка степени пучинистости суглинистых грунтов. Выбрано направление для дальнейших экспериментов.*

*Ключевые слова:* пучение, относительная деформация морозного пучения, степень морозного пучения, суглинистый грунт.

Эра одинаковых девятиэтажных серых «коробок», строившихся в СССР, а затем и в России, прошла. Человечество стремится к комфорту и уединению. На протяжении нескольких лет находит сторонников идея переселения граждан в индивидуальные дома.

Перечисление преимуществ проживания в собственном доме не имеет смысла - для тех кто решил «огородить» себя забором и обзавестись землей они очевидны. Государство же в свою очередь старается поддерживать желание своих граждан и планомерно идет к