

Саме таким чином: від потреби благоупорядкувати своє середовище проживання, в тісній співпраці з проектними та будівельними організаціями, з муніципальними органами ми реалізуємо нашу місію: «Змінити вигляд наших будинків, дворів, вулиць і міст»

УДК 699.828

И.А. КОНОПЛЯ, научный сотрудник

Харьковская национальная академия городского хозяйства

А.Ю. ЧЕБАНОВ, инженер

Государственный центр интегрированного управления поверхностными и подземными водами (ГЦИУ «УкрВОДГЕО»), г. Харьков

ПРИМЕНЕНИЕ БИОДРЕНАЖА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ ЗАСТРОЕННОЙ ПОЙМЫ В Г. ХАРЬКОВЕ

Виконано дослідження можливості застосування біодренажу для захисту від підтоплення міської території. На основі застосування фільтраційної моделі отримані прогнози зміни рівнів ґрунтових вод на досліджуваній території при: відмові від захисних заходів та застосуванні променевого дренажу і біодренажу. Показано, що біодренаж є ефективним допоміжним методом захисту територій від підтоплення.

Ключові слова: підтоплення, ґрунтові води, біодренаж, інженерний захист, транспірація, насадження дерев.

Выполнено исследование возможности применения биодренажа для защиты от подтопления городской территории. На основе применения фильтрационной модели получены прогнозы изменения уровней грунтовых вод на исследуемой территории при: отказе от защитных мероприятий и применении лучевого дренажа и биодренажа. Показано, что биодренаж является эффективным вспомогательным методом защиты территорий от подтопления.

Ключевые слова: подтопление, грунтовые воды, биодренаж, инженерная защита, транспирация, древесные насаждения.

There is investigation of the possibility of using biodrainage to protect urban areas against groundwater flooding. On the basis of the filtration model were obtained predictions of groundwater levels changes in the study area for two scenarios: with refusal of any protective measures and for use within 10 years, events such as ray drainage installation and biodrainage planting. Results of the

study confirm what biodrainage is an effective auxiliary method for protection areas from groundwater flooding.

Key words: flooding, groundwater, biodrainage (biological drainage), engineering protection, transpiration, tree planting.

Введение

В настоящее время Украина является одной из стран, где процессы подтопления урбанизированных территорий достигли значительных масштабов. По данным паспортизации подтопленными являются более 11% всех урбанизированных территорий, подтопление присутствует в 260 городах и 280 пос. городского типа. Наиболее подвержены подтоплению промышленно-развитые регионы страны.

Поднятие грунтовых вод выше нормативных отметок влечет за собой значительный экономический ущерб, вызванный разрушением несущих конструкций зданий и сооружений, ухудшением санитарно-экологических условий проживания населения, увеличением заболеваемости, вымоканием зеленых насаждений, удорожанием строительных работ и многими другими факторами. Согласно экспертным оценкам НАН Украины средний минимальный ущерб от подтопления городских территорий составляет 10...25 тыс.грн/га.

В связи с недостаточным финансированием программ по защите от подтопления и сравнительной дороговизной существующих методов инженерной защиты территорий, проблема подтопления продолжает находиться в стадии решения.

Сокращению масштабов подтопления городских территорий должно способствовать применение эффективных менее затратных методов защиты, среди которых можно рассматривать использование биодренажа. В настоящее время биодренаж применяется главным образом, как вспомогательный метод защиты от подтопления. Он основывается на свойствах высокотранспиративных растений поглощать из земли влагу и испарять (транспирировать) ее в атмосферу.

Широкое применение данного метода известно с давних времен в странах Центральной Азии – там он эффективно используется и теперь для устранения негативных последствий искусственного орошения (подтопление, засоление сельскохозяйственных угодий).

Биодренаж используется в современных проектах по созданию «зеленых крыш» с целью не только улучшить эстетический вид городов, но и использовать безотходные методы водоснабжения. Например, новый многоквартирный дом в г. Сан-Хосе (Калифорния, США) будет удерживать 100% дождевой воды, благодаря зеленым насаждениям на крыше и стенах, устройству биодренажа и водохранилищу местного стока. Крыша здания Vancouver Convention Center, площадью 26 тыс. м² будет накапливать

дождевую воду (около 11 млн.л/год) для дальнейшего использования в системах орошения и сливных системах туалетов.

Однако, на территории Украины для защиты урбанизированных территорий от подтопления метод биодренажа не применяется.

Объект исследования

Для исследования возможности применения биодренажа был выбран характерный подтопленный участок городской территории в г. Харькове. Участок расположен в широкой пойме реки Харьков, примыкающей к коренному берегу. Общая площадь участка 300 га преимущественно занята малоэтажной усадебной застройкой. Уровень грунтовых вод залегает на глубинах 0...1 м, при предельной глубине для территории данного назначения 1,5 м [1]. Имеются заболоченные участки с выходом грунтовых вод на поверхность.

Несмотря на близкое расположение к центру города, данный район не является привлекательным для проживания в результате постоянной сырости и антисанитарных условий, некоторые участки заброшены.

Ранее для борьбы с подтоплением данной территории была создана сеть водоотводящих канав, а также лучевой дренаж. Однако, при отсутствии надлежащего ухода водоотводная сеть практически не выполняет свою функцию (канавы засорены, местами разрушены). Лучевой дренаж имеет локальный характер защитного действия (на 10 га территории).

В ходе исследования процессов подтопления на данной территории был проведен ретроспективный анализ и изучены гидрогеологические и геологические материалы изысканий прошлых лет, современные материалы исследований. На основании этих данных составлены карты глубин залегания грунтовых вод в различные годы, рассчитан существующий водный баланс исследуемой территории (табл. 1).

Таблица 1

Существующий водный баланс исследуемой территории

Составляющие притока воды, м/год		Составляющие оттока воды, м/год	
Поверхностный сток	0,191	Испарение	0,197
Боковой приток грунтовых вод	0,152	Транспирация (в составе испарения)	0,047
Осадки	0,528	Ливневая канализация	0,575
Утечки из водонесущих систем	0,122	Лучевой дренаж	0,141
Общий приток	0,993	Общий отток	0,913

Расчет водного баланса показал, что главными источниками питания грунтовых вод являются инфильтрация осадков, выпадающих непосредственно на данную территорию и поверхностный сток со склона долины реки. Основной отток воды осуществляется через ливневую канализацию.

Постановка задачи – мероприятия по защите от подтопления

Учитывая особенности водного баланса территории, для устранения подтопления рекомендованы следующие действия: расчистка и ремонт ливневой канализации, устройство дополнительных систем лучевого дренажа. Кроме того, увеличения оттока грунтовых вод предполагается достичь за счет транспирации методом биодренажа.

Расположение древесных насаждений, составляющих полосы биодренажа было выбрано, исходя из карты глубин залегания грунтовых вод и расчетов эффективности транспирационной способности.

В качестве древесных насаждений был выбран тополь гибридный, как вид, наиболее приспособленный к произрастанию в условиях повышенного увлажнения грунтов. Средний расход на транспирацию данного вида тополя составляет 70,0 м³/год.

Схема расположения насаждений биодренажа включила в себя:

1. Лесополосу вдоль подножия коренного склона долины реки.
2. Лесополосы вдоль улиц на территории площадью 49,2 га, где уровни грунтовых вод менее 1 м.
3. Лесополосы вдоль улиц на участках между зонами действия лучевых дренажей. Общая защищаемая площадь 3,8 га.
4. Устройство зеленых насаждений в виде парковых зон и водоема на заболоченных участках общей площадью 12 га.

Общая планируемая площадь зеленых насаждений составляет 65 га.

Расчеты, проведенные на основании методик [2], [3], показали, что одно дерево тополя гибридного способно снизить уровень грунтовых вод на площади 100 м². Учитывая общую площадь участка размещения биодренажа, количество деревьев составит 650 деревьев.

Исследование эффективности предлагаемых мероприятий выполнялось путем *математического моделирования фильтрации грунтовых вод*.

Метод исследования

Анализ материалов гидрогеологических изысканий прошлых лет на данной территории позволил проследить повышения уровня грунтовых вод, начиная с 1976 года. Характер роста уровней дает основания прогнозировать их дальнейшее повышение. Для уточнения этого прогноза выполнялось моделирование дальнейшего поднятия уровней грунтовых вод.

Построение модели

В одномерной модели соотношения скорости движения и уровней грунтовых вод описывается законом фильтрации Дарси:

$$U = -K \frac{dH}{dx}, \quad (1)$$

где: U – средняя в живом сечении потока скорость течения грунтовых вод (м/сут);

$H = H(x)$ – уровень грунтовых вод (высота напора), м;

x – горизонтальная координата, м;

K – коэффициент фильтрации, м/сут.

Уравнение неразрывности потока грунтовых вод используется в виде:

$$\frac{d}{dx} [(H - \xi)U] = q, \quad (2)$$

где q – скорость инфильтрации воды с поверхности грунта, м/сут;

$\xi = \xi(x)$ – уровень поверхности водоупорного слоя.

Из уравнений (1) и (2) получена модель движения грунтовых вод:

$$\frac{d}{dx} \left[(H - \xi(x)) \cdot \frac{dH}{dx} \right] = -\frac{q}{K}, \quad (3)$$

Из уравнения (3) можно определить уклон поверхности зеркала грунтовых вод:

$$\frac{dH}{dx} = -\frac{q}{K} \cdot \frac{(L - x)}{H(x) - \xi(x)}, \quad (4)$$

где L – расстояние от начала координат до ближайшего водораздела потока.

В общем случае уравнение (4) не имеет аналитического решения. Поэтому необходимо воспользоваться численным методом, например по схеме Рунге-Кутта 2-го порядка аппроксимации. Для этого расстояние от $x=0$ до $x=L$ разбивается на n отрезков одинаковой длины $\Delta x = \frac{L}{N}$.

Расчеты высоты напора на границах отрезков $x_0 = 0, x_1 = \Delta x, x_2 = 2\Delta x, \dots, x_N = L$ проводятся по рекуррентным формулам:

$$A = H_n - 0,5 \cdot \Delta x \cdot \frac{(L - n \cdot \Delta x)}{H_n - \xi_n} \cdot \frac{q}{K},$$

$$H_{n+1} = H_n - \frac{\Delta x \cdot [L - (n + 0,5) \cdot \Delta x]}{A - \xi_{n+\frac{1}{2}}} \cdot \frac{q}{K}.$$

Исходные данные

Были приняты следующие исходные данные для построения одномерной модели:

Площадь подтопленной территории – 299,5 га; расстояние до водораздела – 3023 м; коэффициент фильтрации – 10 м/сут; составляющие водного баланса: инфильтрация осадков – 0,528 м/год; инфильтрация из

водонесущих коммуникаций – 0,146 м/год; дренаж – 0,23 м/год; испарение – 0,39 м/год.

Таблица 2

Исходные характеристики профиля грунтовых вод

X	Y_з	Y₁₉₈₉	Y₁₉₇₆	Y_{вунс}
0	98,86			93,09
100	106,20	101,81	101,09	93,47
200	106,82	102,39	102,13	93,84
300	107,00	102,93	102,63	93,56
400	106,67	103,34	103,05	93,60
500	106,31	103,72	103,23	93,67
600	105,17	104,07	103,40	93,82
700	105,15	104,31	103,58	94,40
800	106,00	104,55	103,76	95,17
900	106,85	104,79	103,94	96,12
1000	107,32	105,18	104,35	97,07
1100	107,72	106,43	104,86	96,23
1200	108,32	107,47	105,69	95,54
1300	109,47	109,03	105,7	95,53
1400	110,00			95,51

Примечание:

X – удаление от уреза реки; Y_з – отметки поверхности земли; Y₁₉₈₉ – отметки уровня грунтовых вод за 1989 год; Y₁₉₇₆ – отметки уровня грунтовых вод за 1976 год; Y_{вунс} – отметки водоупорного подстилающего слоя; Y_{пр} – прогнозные отметки уровней грунтовых вод.

Результаты моделирования

На основании исходных данных был определен расчетный (прогнозный) профиль уровней грунтовых вод, который установится в будущем в результате их постепенного подъема.

Уровни грунтовых вод, наблюдавшиеся на стадиях подъема, и прогнозируемый уровень представлены на рис. 1.

Расчеты показали, что предлагаемые мероприятия по защите от подтопления позволят увеличить некоторые составляющие водного баланса до следующих значений:

отток через дренаж – 0,69 м/год; испарение – 0,40 м/год.

На втором этапе моделирования прогнозный уровень грунтовых вод был определен с учетом этих значений составляющих водного баланса.

Результаты моделирования, приведенные на рис. 2, демонстрируют возможность снижения расчетного уровня грунтовых вод до допустимых отметок (глубины 1,5 м от поверхности земли) после применения рекомендуемых защитных мероприятий. Это будет способствовать

улучшению санитарно-экологической ситуации в данном районе и делает его более привлекательным для проживания населения и дальнейшей застройки.

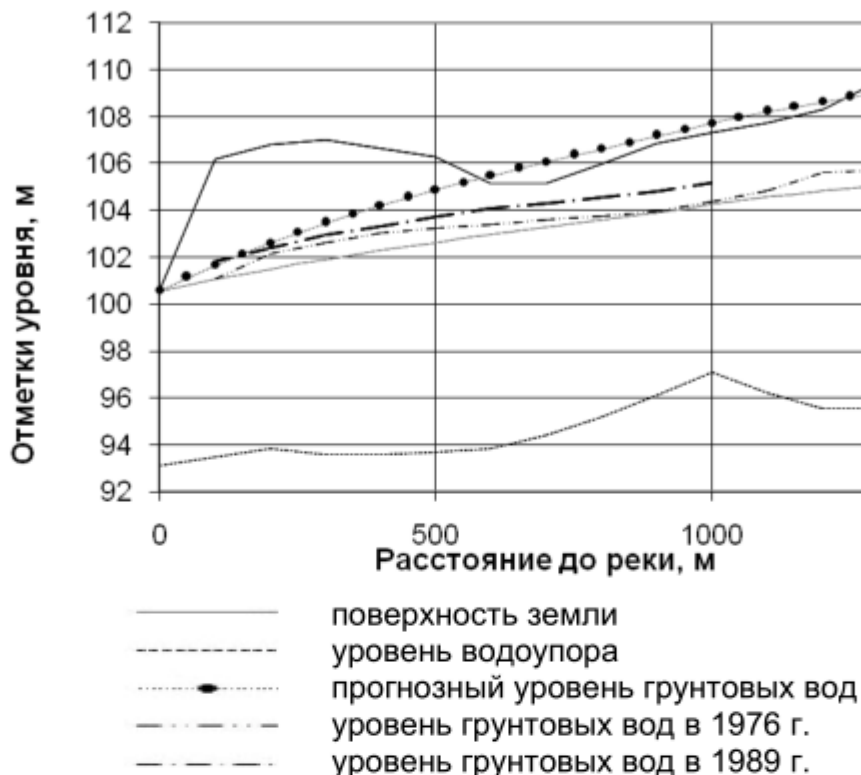


Рис.1. Результаты определения прогнозного уровня грунтовых вод

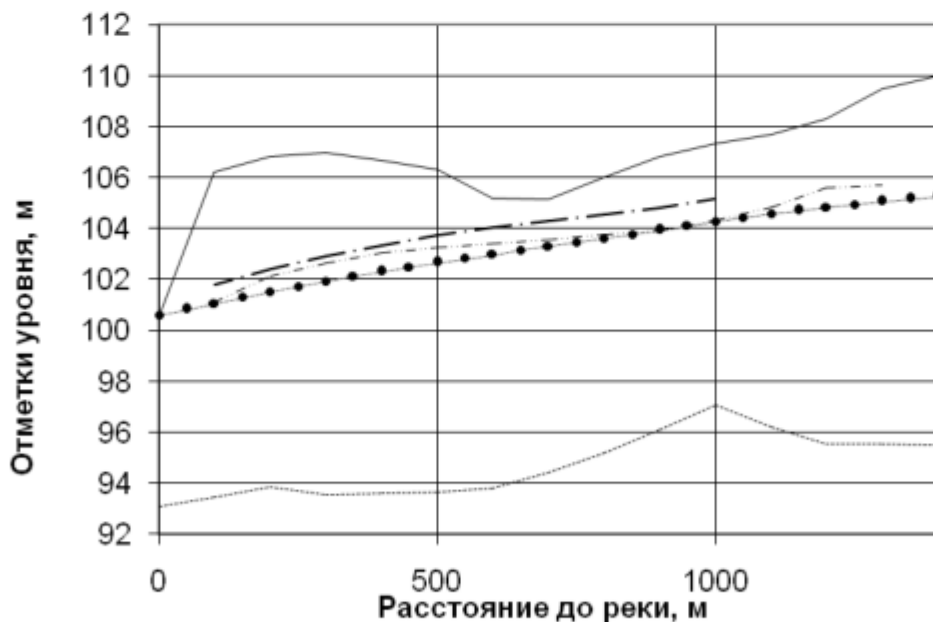


Рис.2. Результаты моделирования расчетных уровней грунтовых вод с учетом изменений составляющих водного баланса (условные обозначения см. рис.1)

Выводы

Результаты исследования подтверждают, что биодренаж является эффективным вспомогательным методом защиты территорий от подтопления. Это экономически выгодный метод: устройство зеленых насаждений обходится дешевле земляных работ по строительству дренажа. Кроме того, это энергосберегающий метод, применение которого не требует постоянных затрат энергии. Устройство древесных насаждений позволяет улучшить эстетический вид городских территорий, снизить вредное воздействие выбросов автотранспорта на здоровье населения. Таким образом, метод биодренажа является перспективным для использования на территории Украины.

Список литературы

1. *ДБН В.1.1-25-2009* Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. – К., 2010.
2. *Рекомендации по технологии создания защитных лесонасаждений на богарных и орошаемых землях и повышения их мелиоративных функций в сухостепной зоне РФ.* – Российская академия с/х наук. Всероссийский научноисследовательский институт агролесомелиорации, 2000.
3. *Методика* определения дополнительного инфильтрационного питания грунтовых вод на территориях промышленных объектов (с целью предотвращения подтопления). Разраб. А. Чебанов, П. Станкевич и др. – Минстрой. Украины, 2009.

УДК 628.21

В.М. ЖУК, кандидат технічних наук;

В.В. БОШОТА, аспірант

Національний університет «Львівська політехніка»

МЕТОД ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ЕКСФІЛЬТРАЦІЙНИХ ТРАНШЕЙ

Представлено новий метод гідравлічного розрахунку ексфільтраційних траншей, які використовуються для регулювання поверхневого стоку з урбанізованих територій. Розроблено програму для моделювання процесів наповнення і спорожнення траншей та визначення їх розрахункових параметрів.

Ключові слова: гідрограф притоку, ексфільтраційна траншея, критична тривалість дощу, відносна площа траншеї.