

ОЦЕНКА НА РИСКА ОТ НАВОДНЕНИЕ В ЕЛХОВСКОТО СТРУКТУРНО ПОНИЖЕНИЕ В РАЙОНА НА ГР. ЕЛХОВО

Красимира Кършева

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София; e-mail: kkursheva@gmail.com

РЕЗЮМЕ. През последната година темата за наводненията в България е особено актуална. Водните стихии причиниха материални щети в изключително големи размери и взеха десетки жертви. На територията на община Елхово интензивните валежи доведоха до критично покачване на водите на река Тунджа и заливане на част от града, вследствие на което бяха евакуирани десетки семейства, а щетите са оценени на десетки хиляди лева. Настоящото изследване, базирано на интегрираното прилагане на ГИС, хидроложки и хидравлични модели, може да се използва за оценка на риска от наводнения в изследвания район. Разработените карти на заплахата и риска от наводнения са на базата на хидроложки и хидравлични модели, създадени чрез прилагане на ArcGIS, HEC-geoRAS и HEC-RAS софтуер. Симулациите върху променливия воден отток и възможното му географско разпространение доказват, че големи части от населеното място са изложени на реален риск от наводнение. Построените защитни диги не са в състояние да предпазят адекватно населеното място от това природно бедствие. Въз основа на изследването, ще бъде разработена рамка от защитни мерки, която ще предлага практически осъществими решения и основни конструктивни насоки за защита на населеното място от наводнения.

Ключови думи: ГИС, природен риск, хидравлично моделиране

FLOOD RISK ASSESSMENT AT THE ELHOVO STRUCTURAL DECLINE IN ELHOVO TOWN

Krasimira Karsheva

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: kkursheva@gmail.com

ABSTRACT. Over the past year, the theme of the floods in Bulgaria is particularly relevant. Heavy rains have caused a material damage in very large scope and took victims. Intense rainfall of the Elhovo Municipality area has led to critical rise of the Tundzha river water level and has flooded parts of the town. As a result dozens of families were evacuated and the damages were evaluated on thousands of levs. This study, based on the application of GIS, hydrological and hydraulic models, can be used for flood risk assessment in the research area. Developed maps of the threat and the flood risk are based on hydrologic and hydraulic models, created through the application of ArcGIS, HEC-geoRAS and HEC-RAS software. Simulations of unsteady water flow and its geographical distribution prove that large parts of the settlement, are at real flood risk. Existing dikes are unable to protect adequately the settlement from this natural disaster. Based on this study a framework of safeguards will be developed. It will offer viable solutions and basic design guidelines for the protection of the settlement of flooding.

Key words: GIS, natural hazard, hydraulic modelling

Увод

През последната година темата за наводненията в България е особено актуална. Водните стихии причиниха материални щети в изключително големи размери и взеха десетки жертви. На територията на община Елхово интензивните валежи доведоха до критично покачване на водите на река Тунджа и заливане на част от града, вследствие на което бяха евакуирани десетки семейства, а щетите са оценени на десетки хиляди лева.

Обект на настоящото изследване е част от землището на гр. Елхово и преминаващото през него корито на река Тунджа. Тя извира от централната част на Стара планина източно от вр. Ботев (фиг. 1), като басейнът на реката заема Североизточната част на Източнорломорския район. Водосборната област на Тунджа възлиза на 8836 km². Тя е най-големият приток на р. Марица, който се влива в нея на турска територия. Дължината ѝ до границата е 350 km. От Калофер до Ямбол протича на изток, като след

това прави завой на 90° на юг и запазва тази посока до вливането си в р. Марица. Във връзка с Директива 2007/60/ЕС относно оценката и управлението на риска от наводнения и изготвянето на планове за управлението на риска от наводнения от страните членки на ЕС, настоящото изследване, базирано на интегрираното прилагане на ГИС, хидроложки и хидравлични модели, има за цел да направи оценка на риска от наводнения в изследвания район. В хода на работата са извършени симулации, с цел да се изчислят обхвата на вероятните наводнения, височината на водния стълб, както и скоростта на речното течение в изследвания участък.

Данни за геоложкия строеж на района

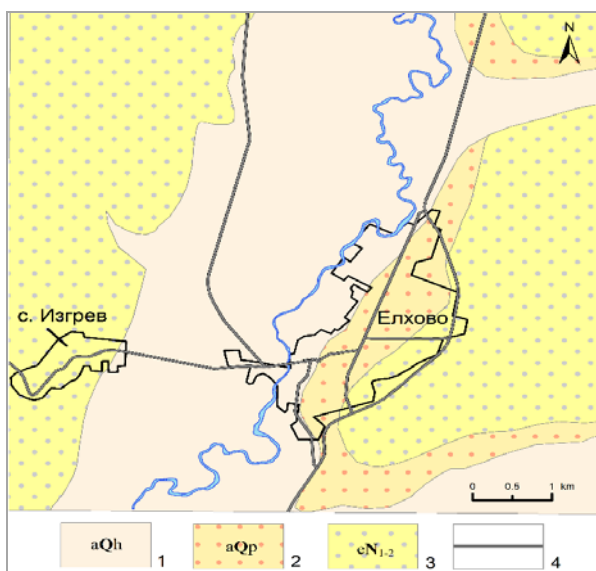
Стратиграфия

В района на изследването се разкриват неогенски и кватернерни седиментни скали (фиг. 2).



Фиг. 1. Схема на водосборния басейн на р. Тунджа

Неогенската система е представена от *Елховската свита* (Коюмджиева и др., 1984; Меот-Плиоцен). Наименувана е на град Елхово, в околностите, на който е описана подробно. В нея са отделени долна част (подвъглищна), Изгревски въгленосен член, горна част (надвъглищна) и Дугановски член. При извършените по-късно ревизионни изследвания (Дабовски и др., 1994б; Димитров и др., 2010) се установява, че ядрестите варовици на Дугановския член лежат в основата му и представляват вероятно елемент на по-стара седиментация (Дабовски и др., 1994б). Инфилтрационните варовици, описани от Ангелова и др. (1991) като Пръстнишка свита са с еоплейстоцен-плейстоценска възраст. Те се разкриват в най-високите нива на Елховската свита, Последната лежи трансгресивно и дискордантно върху пъстра подложка (разкрива се извън района на изследването) от скали с възраст от Докамбрия до Късната Креда включително. Покрита е от кватернерни образувания.



Фиг. 2. Геоложка карта на района (по Дабовски и др., 1994а, с изменения)

1 – алувиални образувания - руслови и на заливните тераси (Холоцен); 2 – алувиални образувания от надзаливните тераси (Плейстоцен); 3 – Елховска свита – пясъчливи глини, пясъци, лигнити (Меот-Плиоцен); 4 – пътна инфраструктура.

Кватернерните наслаги са широко разпространени. Представени са от алувиални седименти с плейстоценска и холоценска възраст.

Към *плейстоценските* наслаги се отнасят чакълите и пясъците от надзаливните тераси на р. Тунджа. Дебелината им е до 2,5 m. Горноплейстоценските алувиални отложения са изградени от дребнокъсови, добре загладени чакъли, гравии и грубозърнести пясъчници. Тяхната дебелина е около 5-8 m.

Холоценият е представен от алувиалните образувания в речните русла и заливните тераси. Това са чакъли, гравии и пясъчливи глини, чиято обща дебелина не надминава 8m (Дабовски и др., 1994б).

Тектоника

В тектонско отношение изследваният район попада в Елховското структурно понижение (Савов, 1983), което е резултат от осъществени вертикални движения по Тунджанския разломен сноп, заемащ субмеридионална посока.

Методика на изследването

Използвани данни при моделирането

Пространствените данни за разработването на модела, очертаващ наводнението, са получени от различни източници. Данните за надморските височини, използвани за генериране на цифровия модел на терена на изучаваната територия, са получени чрез дигитализация на ЕТК 1:5000. Данните за земното покритие са получени от проект „Корине земно покритие 2012“, публикувани на сайта, на Изпълнителната агенция по околна среда (ИАОС). Направени са полеви GPS измервания на потенциално уязвими от наводнение зони по течението на реката от гр. Ямбол до гр. Елхово. За хидравличното моделиране са използвани хидроложки данни от дъждомерните станции на НИМХ-БАН, публикувани на сайта на института, както и статистически данни за периода 1961-2004 г. от Плана за управление на водите 2010-2015 г. на Басейнова дирекция за управление на водите, Източноевропейски район - Пловдив.

Създаване на ЦМТ за хидроложки коректна повърхност

Цифровият модел на терена (ЦМТ) се използва за визуални и математически анализи на терена и земните форми, както и за моделиране на повърхностни процеси (ArcGIS Resources). Точността на хидравличния модел зависи най-вече от точността на ЦМТ, като тя се определя от типа на данните и действителната техника на измерване на терена, когато се създава ЦМТ. Той предоставя най-добрата възможност за представяне на топографска информация, моделиране на повърхностен отток и контрол на факторите, влияещи върху моделите на разпространение на земните процеси (ArcGIS Resources). В това изследване, цифровият модел на терена е генериран в ESRI ArcGIS среда.

Земно покритие и класификация на земеползването

За получаването на информация за земеползването в

обхвата на изучаваната територия, във връзка с определяне на коефициента на триене на различните земни единици (коефициент на Манинг), са използвани данни от проекта „Корине Земно покритие 2012“ (фиг. 3). Коефициентът на Манинг описва специфични условия на отточни събития, осреднени условия в обхвата на водния отток или очаквани условия за бъдещи отточни събития (Phillips, Tadayan, 2007).

Проектът „Корине Земно покритие 2012“ е предназначен да осигури последователна локализирана географска информация за земното покритие и земеползване. Данните от него могат да се използват директно при определяне и прилагане на политики за околната среда в България (климат, ЦМТ, почвата и т.н.), както и за създаването на многокомпонентни оценки (например картиране на ерозионните рискове).

Проектът „Корине земно покритие 2012“ се базира на сателитни изображения. За информационните серии от 2012 г., за подпомагане на процеса на класификация на земното покритие, са използвани допълнителни векторни масиви от данни. Пространствената и спектралната резолюция определя способността на сателитния сензор за заснемане на обекти на повърхността на Земята. За заснемането на изображенията от 2012 г. Европейската космическа агенция, в сътрудничество със Световната програма за мониторинг на околната среда и сигурността (Global Monitoring For Environmental and Security (GMES) programme), използва комбинация от изображения от 2 нови спътника (SPOT-4 и IRS P6), с пространствена резолюция от 10x10 m (SPOT – панхроматичен) до 80x80 m (Landsat MSS). Мащабът на всички изходящи продукти е 1:100 000. Изискванията за минимални размери на картируемите обекти са: картируема площ – 25 ha, минимална ширина на линеен обект – 100 m, минимална ширина за полигони – 100 m. От 44 номенклатурни класа в проекта, 36 са представени на територията на България.

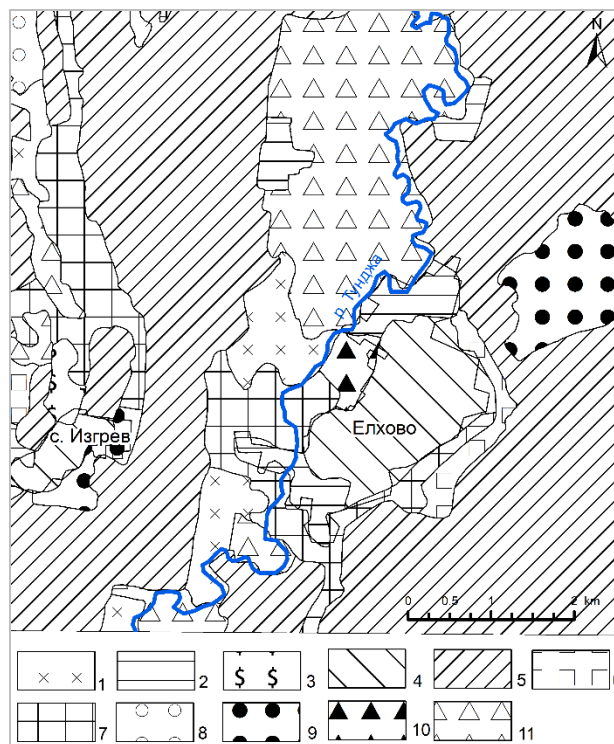
Хидравличен модел

HEC-RAS е едноразмерно приложение, разработено от Американския военен корпус на инженерите. Представява интегрирана система, проектирана за използване при решаване на многокомпонентни задачи. Притежава многопотребителска мрежова среда, състояща се от графичен потребителски интерфейс, различни инструменти за хидравличен анализ, съхранение на данни и възможност за управление, инструменти за изготвяне на графики и отчети (US Army Corps of Engineers, 2010). За получаване на коректни хидравлични изчисления е препоръчително създаването на коректно дефинирана и точна земна повърхнина и надеждни данни за речния отток и минали хидроложки събития.

Моделиране

В тази фаза се съчетава използването на пространствени (цифров модел на терена), хидроложки и хидравлични данни, за да се изгради моделът на наводненията. Основните входни данни са цифров модел на терена, създаден на база ЕТК в мащаб 1:5000, върху който се създават, геометричните данни за хидравличния модел (напречни профили на речното корито, дефинирани

ляв и десен бряг, централна линия на оттока, инженерни съоръжения и др.).



Фиг. 3. Данни за земеползването в изследваната територия от проекта „Корине земно покритие 2012“, ИАОС.

1 – временни насаждения, гори, храсти; 2 – индустриални единици; 3 – лозя; 4 – населени места със свободно застрояване; 5 – ненапопаявана орна земя; 6 – пасища; 7 – селскостопански култури; 8 – смесени гори; 9 – смесени селскостопански насаждения; 10 – спортни съоръжения; 11 – широколистни гори.

За създаване на геометрични данни (централната линия на течението - талвегова линия, моделиране на главния канал, напречните профили през коритото на реката) е използван набор от процедури и инструменти на HEC-geoRAS, разширение към ArcGIS. Атрибутните данни, като надморска височина на напречните профили, надморска височина на речното корито и брегове, са прибавени към геометричните данни, чрез автоматично генериране от ЦМТ.

След създаването на необходимите данни за хидроложкото моделиране, към приложението HEC-RAS от ArcGIS се експортират т. нар. RAS слоеве, включващи данни като дебит, коефициент на Манинг, наклон на речното легло. След това се стартира моделът на наводненията, за да се изчисли обхвата на заливането, приемайки стабилните и неизменящи се характеристики на водния отток. Резултатите от модела се експортират и визуализират в ArcGIS.

Картиране на риска

Във фазата на картиране на риска, HEC-geoRAS извлича данни от напречните профили на речното корито от HEC-RAS и ги вгражда в картата на наводненията в GIS. Очертаването на залетите повърхности е възможно чрез използване на данните за повърхностния отток и цифровия модел на терена, създаден за главната река. TIN-ът на водната повърхност е конвертиран в GRID, базиран на

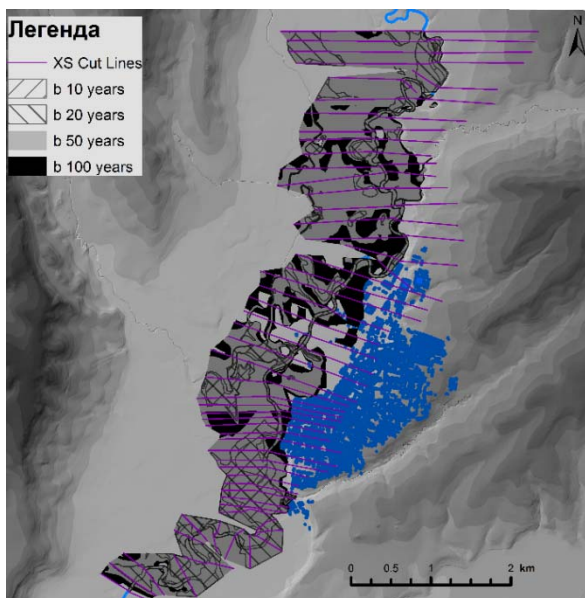
размера на растерната клетка. След това се сравнява с растерния DEM, за да се изчисли денивелацията в рамките на очертания полигон. Надморските височини на водните повърхности, по-високи от надморската височина на терена, са съхранявани в GRID. Той съхранява информация за височината на водния стълб в залетите участъци. След това, този GRID се конвертира във векторни данни, определящи границите на заливаемите площи. След очертаването на обхвата на наводнението, данните се налагат върху топографска карта, за да се картират засегнатите сгради и конструкции.

Резултати

Хидравличното моделиране на р. Тунджа, при Елхово, доведе до създаването на следните карти: 1) на обхвата на наводнението и карта на риска; 2) на височината на водния стълб и 3) карта на скоростта на оттока. При налагането на слоя с обхвата на наводнението върху пътната инфраструктура и сградния фонд, ясно могат да се идентифицират уязвимите области.

Обхват на наводнението и карта на риска

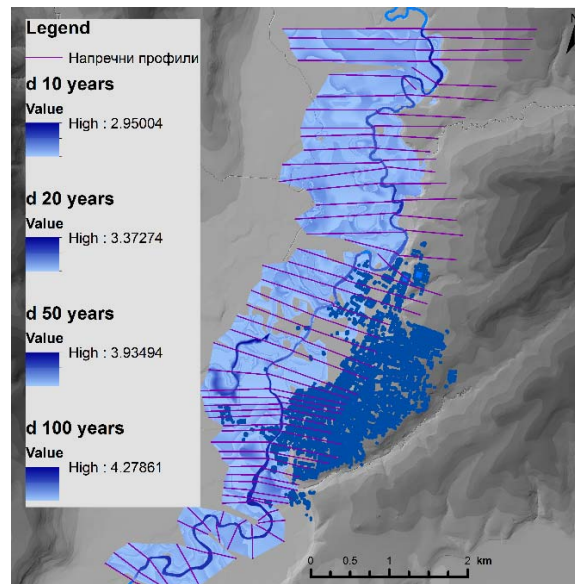
Картата на обхвата на наводненията с период на повторение 10, 20, 50 и 100 години (фиг. 4), показва мащаба на пиковите наводнения за изминалите години. Пространственото разпределение на заливаемите зони показва, че те се намират в райони със сравнително нисък релеф, възлизащ на около 8,74km², при наводнения с период на повторение 100 години. Наводнените зони са наложени върху топографските карти.



Фиг. 4. Карта на риска, показваща границите на заливане при наводнения с период на повторение 10, 20, 50 и 100 години.

Резултатът от налагането, показан на фигура 5, ясно идентифицира засегнатите структури. Редно е да се отбележи, че канализацията в населеното място е в доста лошо състояние, което допълнително усложнява обстановката по време на интензивни валежи (водата се връща и избликва обратно от нея върху пътната инфраструктура). В резултат на това при всеки по-силен и

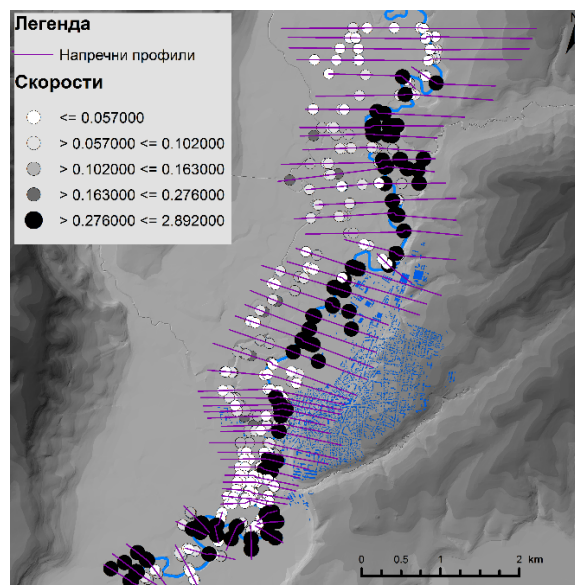
интензивен валеж или снеготопене, нивото на р. Тунджа се повишава критично и наводнява сградите. Главният път между гр. Елхово и с. Изгрев, който пресича реката в средното ѝ течение, заедно с моста над нея, е с много висок насип (денивелацията между водната повърхност и пътното платно на моста е 5 m), което допълнително създава предпоставки за образуване на водозадържаща преграда и наводнение в приречните части на град Елхово.



Фиг. 5. Височина на водния стълб при наводнения с период на повторение 10, 20, 50 и 100 години.

Дълбочина на наводнението

Полученият модел (фиг. 5) показва, че височината на водния стълб варира от 2,9 m при наводнения с период на повторение 10 години до 4,2 m за наводнения с период на повторение 100 години. Като цяло, тя е с най-големи стойности по главната река, като се разпространява постепенно по заливната равнина. Също така, реката протича през терен с добре изразени стръмни наклони към реката, което е предпоставка за бързо изтичане на дъждовна вода или вода от снеготопене в речния канал.



Фиг. 6. Карта на разпределението на скоростите на водното течение

Скорост на течението

Симулациите възпроизведоха различни скорости на оттока в главния речен канал и наводнените територии. Като цяло високите скорости са регистрирани в главния канал, като стойностите, които се получават са 1,79 до 2,89 m/s (фиг. 6). Пространственото разпределение на скоростта на водния отток на водосбора показва корелация с пространственото разпространение на надморските височини, като високите стойности се наблюдават в горното течение, а по-ниските в долното.

Заклучение

Това изследване ясно показва, че Географските информационни системи, в комбинация с модел на терена и дистанционно получени данни, заемат основно място в геопространствените анализи на хидроложкия цикъл, включително очертаването на границите на речния басейн, границите на заливаемите територии, както и картиране на риска. Интеграцията на HEC-RAS и GIS се използва все повече в световен мащаб, като осигурява по-точно представяне на дебита и на събитията, произтичащи от наводненията. Изследваната територия от коритото на р. Тунджа, при Елхово е успешно моделирана, като са очертани заливаемите зони, получени са стойности за височината на водния стълб при наводнения с период на повторение 10, 20, 50 и 100 години, създадена е карта с разпределението на скоростите в речното легло. Картата на земното покритие на водосбора ще помогне в по-нататъшните изследвания при оценка на щетите върху инфраструктурата и селското стопанство и изготвяне на евакуационни стратегии. С възможността от увеличаване на честотата и интензитета на валежните събития, като резултат от климатични промени, нарастващото население, промени в градските територии, е препоръчително да се моделират заливните зони във връзка с устройственото планиране и управлението при кризи.

Литература

- Ангелова, Д. Н. Попов, Е. Миков. Стратиграфия на кватернерните седименти в Тунджанското понижение. - *Сп. Бълг. геол. д-во*, 52, 2, 1991. - 99-105.
- Басейнова дирекция за управление на водите Източноромански район - Пловдив. *План за управление на речните басейни в Източноромански район 2010-2015, Том III Тунджа*. http://earbd.org/indexdetails.php?menu_id=367
- Дабовски, Х., С. Савов, Г. Чаталов, Г. Шилияфов. *Геоложка карта на България, М 1:100 000. Картен лист Елхово*. КГМР. 1994а.
- Дабовски, Х., С. Савов, Г. Чаталов, Г. Шилияфов. *Обяснителна записка към геоложката карта на България, М 1:100 000. Картен лист Елхово*. КГМР, Геология и Геофизика АД, С., „Болид“, 1994б – 75 с.
- Димитров, И., Д. Съчков, Б. Вълчев, К. Василева. Геохимични особености на калкритизирани площи от Тунджанското понижение, Югоизточна България, - *Сп. Бълг. геол. д-во*, 71, 1-3, 2010. – 25-39.
- Директива 2007/60/ЕС относно ценката и управлението на риска от наводнения.
- Коюмджиева, Е., Ст. Стойков, Ст. Маркова. Литостратиграфия на неогенските седименти на Тунджанския (Елхово-Ямболския) басейн. - *Сп. Бълг. геол. д-во*, 45, 3, 1984. - 287-295.
- Савов, С. Строеж на Елховското структурно понижение. - *Сп. Бълг. геол. д-во*, 44, 3, 1983. - 326-331.
- ArcGIS Resources – Esri, Inc. ArcGIS Help Library - <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/>
- Phillips, Jeff V., Saeid Tadayon. *Selection of Manning's Roughness Coefficient for Natural and Constructed Vegetated and NonVegetated Channels, and Vegetation Maintenance Plan Guidelines for Vegetated Channels in Central Arizona*. 2007. - 49 p.
- US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center – HEC-RAS, River Analysis System Application Guide. V.4.1, 2010.

Статията е рецензирана от доц. д-р Борис Вълчев и препоръчана за публикуване от катедра „Геология и геоинформатика“.