

ХИДРОМЕТРИЧЕН МОНИТОРИНГ НА ВИСОКИТЕ ВОДИ В РЕКИТЕ ПРИ НАВОДНЕНИЯ

Пламен Атанасов Ангелов
Plamen_8508@abv.bg

Национален Институт по Метеорология и Хидрология при - БАН
София, Цариградско шосе 66
БЪЛГАРИЯ

***Ключови думи:** хидрометрия, измерване, водни количества, хидрометрични витла, автоматични станции, модел, наводнения.*

***Резюме:** Високите води са периодично повтаряща се характерна фаза на речния отток, когато в период от няколко часа до няколко дни, по реката преминават огромни обеми вода. Течението през тези периоди се характеризира с бурното си състояние, значително големи скорости и дълбочини, които се променят бързо и обуславят подчертано неравномерен и нестационарен процес. Протичащите секундни водни количества могат да надвишават няколко стотин пъти средногодишните им стойности, което причинява широки разливания в речните долини, а голямата дълбочина и влачеща сила на течението се проявяват като природно бедствие, причиняващо огромни щети с възможност и за човешки жертви.*

Проблемите с наводненията, вече са изведени като държавна политика по водите и по силата на европейското и националното ни законодателство е предвидено системното изучаване на действителния риск от наводненията и предприемане на широкомащабни мерки за защита. Една от основните дейности в този процес е надеждното измерване на високите води, които са основен фактор за адекватното оразмеряване на защитните мерки.

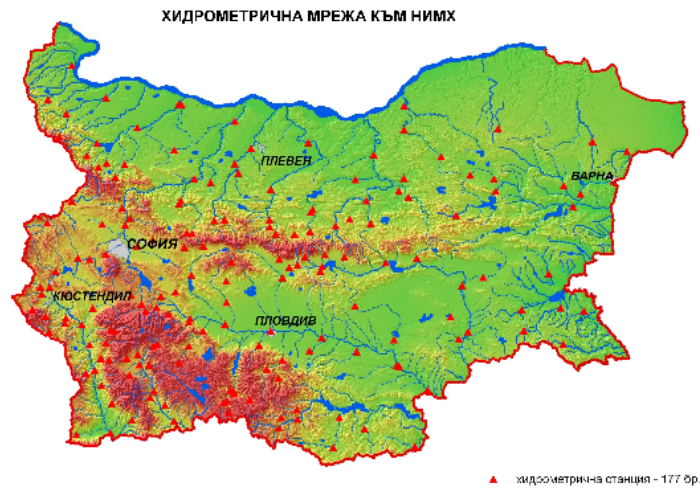
За постигане на тази цел съществуват следните обективни предпоставки:

- Съвременното ниво на хидрометричното приборостроене предлага образци, с които стават възможни, недостъпните до скоро, измервания на водни количества при условията на високи води, както и провеждането на други прецизни измервания на хидравлични величини. Някои видове от съвременната хидрометрична апаратура са вече усвоени в мониторинговата практика на НИМХ-БАН и са в състояние да осигурят специализираните функции на опорната хидрометрична мрежа в страната.

1. Хидрометрия. Хидрометрична мрежа. Хидрометрична станция – устройство и елементи на наблюдение.

Хидрометрията е раздел от хидрологията, в който се разглеждат уредите и методите за измерване и определяне на хидроложките елементи с цел изучаване режима на водните източници. Оттокът на реките по територията на нашата страна се

наблюдават в голям брой пунктове, образуващи т.н. хидрометрична мрежа¹. Т.е. това е съвкупност от хидрометрични станции, разположени по целесъобразен начин в територията, в които се провеждат наблюдения и измервания върху оттока на реките. Представа за хидрометричната мрежа¹ на България може да се получи от фиг. 1



Фиг.1 Хидрометрична мрежа на България (177 ХМ-Станции)

Хидрометричните станции се устройват след старателно проучване на тяхното местоположение, което трябва да отговаря на редица изисквания. Но, за изтъкване на постигнатия прогрес в мониторинга на високите води е от значение да се посочи накратко тяхното устройство и досегашна практика за експлоатация.

Основен елемент на всяка хидрометрична станция е хидрометричният профил. Това е избраният напречен профил на реката в измервателния участък, в който се извършва измерването на водното ниво и водното количество (фиг.2).



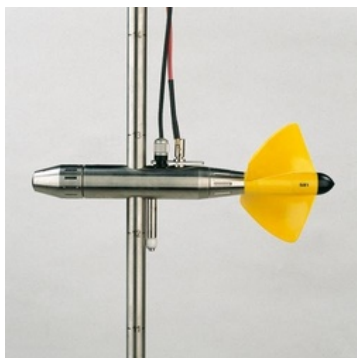
фиг.2 Измерването на водното ниво и водното количество (гр. Своге, р. Искреца)

¹ <http://www.meteo.bg/node/32> Хидрометрична мрежа на НИМХ-БАН 09.05.2016

В хидрометричния профил се монтира нивомерна рейка - метална скала, разграфена в сантиметри, която е свързана с местната трианголарна система чрез подходящо укрепени репери. По тази скала се извършват наблюденията на водното ниво в хидрометричния профил. Над хидрометричния профил се изгражда служебен мост (пасарелка), чиято височина е съобразена с максималните водни нива в реката. Служебният мост служи за провеждане на измерванията на скоростта на течението чрез спускане в него на хидрометрично витло или друг тип скоростомер.[1]

2. Уреди за измерване скоростта на водата.

Хидрометричното витло² е измервателен уред, който реагира на скоростта на водното течение в точката, където се намира сензорната му ос. У нас масово се използват механичните хидрометрични витла, при които течението предизвиква въртене на винтова перка с ъглова скорост, пропорционална на скоростта на течението (фиг.3). През последните десетилетия бяха конструирани прибори за измерване на скоростта, без механично подвижни части. Един тип от тях функционират въз основа на принципа за електромагнитната индукция, като измерват електрическия потенциал, създаден от концентрирано магнитно поле върху движещия се воден пласт между два електрода (фиг. 4). Съгласно закона за електромагнитната индукция (на Фарадей), индуцирания електрически потенциал е пропорционален на скоростта на водата. Друг тип измервателни уреди функционират въз основа на Доплеровия ефект при отразени звукови вълни (фиг.5). Уредът излъчва около себе си ултразвукови вълни с определена честота, които след отразяването им от съдържащите се във водата механични субстанции, се връщат при него с променена честота. Промяната на честотата е пропорционална на скоростта на водата.[3]



фиг.3 Механично хидрометрично витло



Фиг.4 Магнитно-индукционен скоростомер



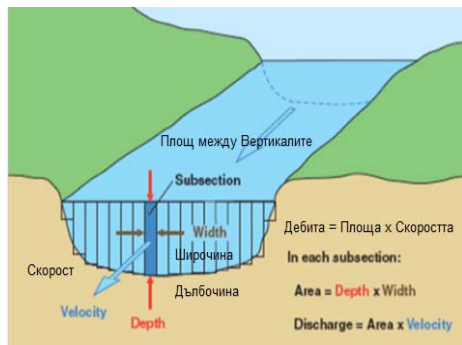
Фиг.5 Ултразвуков скоростомер

3. Традиционен начин за измерване на водното количество.

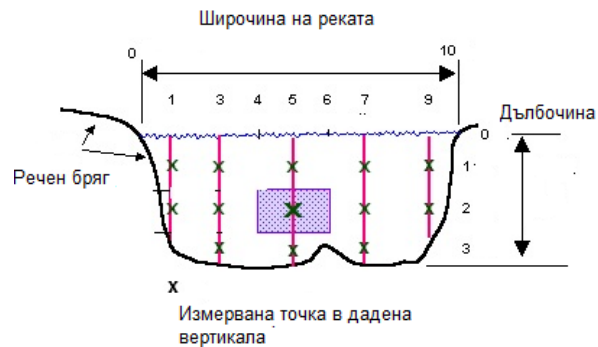
Независимо от конструкцията на уреда за измерване на скоростите, технологията за определяне на протичащото водно количество през напречното сечение на реката е една и съща. Хидрометричното витло² или друг тип скоростомер се спускат от служебния мост на стоманена щанга във предварително определени точки от напречното сечение на измервателния профил. Във всяка точка се измерва скоростта на

² <http://www.ott.com/en-us/products/water-flow/ott-mf-pro-water-flow-meter> Хидрометрични витла от съвременен тип , 09.05.2016г

течението. Съгласно утвърдената хидрометрична практика, измервателните точки се подреждат в последователни вертикални прави, наречени "скоростни вертикали". Начинът за избор на вертикалите и броя на точките по тях е рутинна технология и тук няма да бъде описван. С получените резултати се изчислява средната скорост на водата във всяка вертикала, след което чрез елементарни геометрични изчисления се определя водното количество в целия напречен профил (фиг. 6 и фиг.7).[2]



фиг 7 Разположение на измервателните точки в напречното сечение



фиг.6 Принципна схема за изчисляване на водното количество

4. Измерване на водни количества в условията на наводнение

Описаната технология за измерване на водното количество е трудно приложима при високи води в реката. Това се дължи на огромната влачеца сила на течението през тази фаза, която не дава възможност за позициониране на хидрометричното витло в желаната точка. В тези случаи, обикновено се прибегва до спускането на измервателния уред на стоманено въже, в долния край на което е окачена голяма баластна тежест (торпедо). В някои случаи тази тежест трябва да бъде толкова голяма, че за спускането и се използва подемен кран. В Германия са правени опити за измерване на водни количества през фазата на високите води с използване на торпедо с тегло от няколко тона! Очевидно, че такова измерване изисква солидна предварителна подготовка, за което не винаги съществуват условия, главно поради внезапното и непредвидимото появяване на високите вълни. Освен това, влачените в течението твърди предмети, нанасят тежки удари по прибора и много скоро го изваждат от строя. Поради изложените причини, за измерване на водното количество при високи води или при развили се вече наводнения, се използват опростени методи (метод на повърхностните хидрометрични плуваци) или косвени методи за изчисляване на водното количество по оставени следи от максималното водно ниво и надлъжния наклон на коритото. Тези методи са с много малка точност и не създават надеждна база за изучаване на високите води. С навлизането на електронизацията във всички сфери на измервателната техника, се появили условия за конструиране на апаратура, която може да проведе измерването по безконтактен начин. Такава иновативна апаратура е доставеният от НИМХ-БАН измерител ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)³. Апаратурата е конструирана в стабилен пластмасов корпус, който я поддържа в плаващо състояние върху водната повърхност на течението (фиг 8 и 9). С помощно на подходящо въже, апарата се позиционира във измерваната вертикала. Той е снабден с акустичен излъчвател и сензори от ултразвуковия диапазон (около 30 kHz).

³ <http://pubs.usgs.gov/fs/2014/3038/>

Estimating Suspended Sediment in Rivers Using Acoustic Doppler Meters By Molly S. Wood -U.S. Geological Survey-USGS (09.05.2016)

Излъчваните сигнали се отразяват, както от влачените от течението механични частици, така и от дъното на реката. Вграденият електронен анализатор разпознава както честотата на отразените сигнали, така и разстоянието от което те идват.

Тук, също се използва ефекта на Доплер, чрез който от променената честота на сигналите са определя скоростта на отразяващата частица, а от времето за забавяне на отразения сигнал - разстоянието до дъното или до съответната отразяваща частица⁴.



Фиг.8 Измерител ADCP измерителя -"Кубратово", София.



Фиг.9 Пример за позициониране на измерителя при ПСОВ

Измерванията се извършват в автоматичен режим, в резултат от което на дисплея се визуализира скоростния профил⁵ на всяка вертикала. Автоматичният цикъл на измерването завършва с изчисление на водното количество в целия напречен профил на реката.

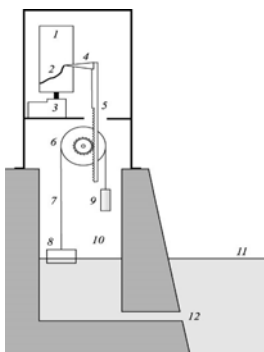
5. Система за автоматична регистрация на водните нива

Водното ниво на реката при хидрометричните станции е основената физическа величина за определяне на протичащото водно количество. За всяка хидрометрична станция се построява корелативната зависимост между водния стоеж (кота на водното ниво) и протичащото водно количество. Тази зависимост в хидрометрията се нарича "ключова крива на водното количество" и позволява наблюденията да се извършват само върху водните стоежи, след което по нея се отчитат съответстващите им водни количества.

Наблюдението на речните нива в световната практика има изключително дълга история, която води началото си от древния Египет. В нашата страна, такива системни наблюдения са организирани по р. Марица в началото на миналия век. В началото са се използвали примитивни "колови водочети", след което са въведени чугунените водочетни рейки. Наблюденията са били екстензивни - от един път до три пъти на ден. В последствие потребностите на инженерната практика са наложили да се въведе непрекъснато наблюдение на водните нива. За тази цел и до сега се използват механични уреди наречени "лимниграфи", които чрез поплавкова система и механичен часовников механизъм извършват мастилен запис за колебанията на водните нива (фиг. 10 и 11).

⁴ <http://www.ott.com/en-us/products/water-flow/ott-mf-pro-water-flow-meter> Измерител на скоростта ADCDP (09.05.2016г)

⁵ <http://pubs.usgs.gov/fs/2014/3038/> Rivers Using Acoustic Doppler Meters By Molly S. Wood -U.S. Geological Survey-USGS (09.05.2016)

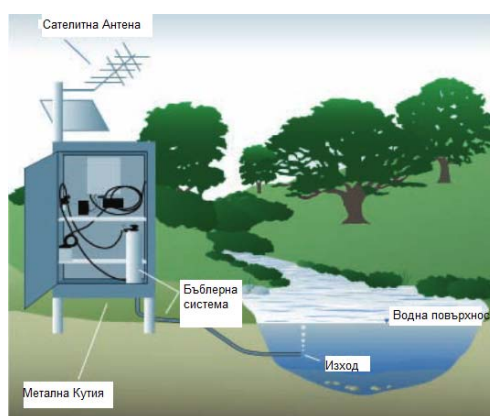


фиг.10 Принципна схема на лимниграф



фиг.11 Обслужване на лимниграфен пост.

Обслужването на този тип, вече морално остаряла техника е доста затруднително, особено поради трудоемкото дешифриране на записите, което може да се извършва само ръчно. Освен това, тези лимниграфи⁶ показват чести дефекти при неблагоприятните атмосферни условия, като замръзване на поплаваците, разливания на мастилото по лентата и др. Понастоящем, те системно се заместват със съвременни електронни измервателни уреди с цифров запис на измерваната величина и бълблерен принцип за измерване на водното ниво. Бълблерният принцип⁷ за измерване на водното ниво е утвърден в съвременното хидрометрично приборостроене, като най-надежден и прецизен метод. Състои се в непрекъснато изпускане на малко количество газ под минималното водно ниво на реката, при което отделянето на газовите мехурчета се извършва с налягане равно на хидростатичното налягане на водния стълб над него. Налягането се измерва от вграден прецизен електронен манометър, след което се преобразува в лесно за използване цифрови сигнали, чиято стойност е равна на водния стоеж.



фиг- 12 Автоматична нивомерна станция

Тази апаратура позволява да бъдат създадени автоматични нивомерни станции с автономно енергийно захранване и възможност за безжичен трансфер на данните (Фиг. 12).

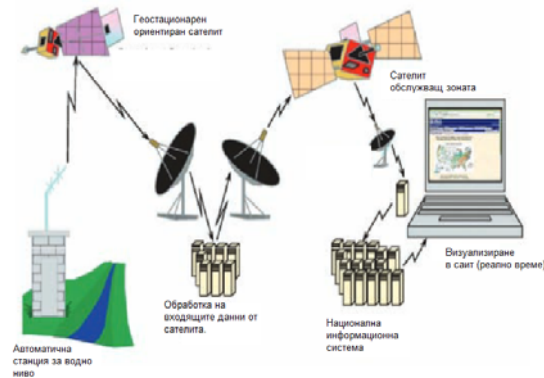
6. Система за ранно предупреждение при наводнения.

Функционалните възможности на описаните до тук съвременни хидрометрични прибори създават всички предпоставки за включването им в национална система за ранно предупреждение относно настъпващи наводнения. По принцип, това е

⁶ http://whycos.org/whycos/sites/default/files/public/pdf/training-material/hydrometry_training.pdf - Лимниграфи измерващи водните нива -U.S. Geological Survey-USGS 09.05.2016

⁷ <https://pubs.usgs.gov/fs/2011/3001/pdf/fs2011-3001.pdf> -Иновативни автоматични станции тип 'Бълблер'<https://pubs.usgs.gov/fs/2011/3001/pdf/fs2011-3001.pdf>

автоматизирана система за събиране на всякакъв вид хидрометеорологична информация от обширни територии, например от територията на цялата страна. В местата, където е нерентабилно да се довежда електрическо захранване се използват соларни панели и акумулатори, които натрупват енергията между работните тактове на апаратурата и сеансите за трансфера на данните. Трансферът на данните се извършва чрез радио-връзка по технологията на спътниковата GSM комуникация. Цялата информация се получава в централен диспечерски възел и се обработва за целите на различните приложни предназначения. Примерната схема на една такава автоматизирана система, предназначена за ранно предупреждение за наводнения е представена на фиг. 13.



Фиг.13 Примерна схема на автоматизирана информационна система.

Информацията за актуалните водни нива при включените в системата хидрометрични станции се трансформира по запамените ключови криви във водни количества, които понататък се подават на модул за хидравлично моделиране на заливаемите ивици около реките. Дейностите се извършват в реално време с периодичност от няколко часа. При повишаване на водното ниво над определена критична стойност, периодите се скъсяват автоматично, като всички анализи могат да се извършват на всеки 15 минути. Така се получава една обективна картина за динамиката на речния отток. Въведените прагови критични стойности на оттока включват автоматично модулите за краткосрочно прогнозното моделиране, чрез което си добива надеждна представа за бъдещото развитие на наводнението с аванс от няколко часа до около едно денонощие (за по-отдалечените пунктове по дължината на главните реки). Това време може да бъде използвано за активиране на оперативните дейности от регионалните планове за защита при бедствия. Тук трябва да се отбележи, че в такива информационни системи, обикновено се включват и наблюденията върху валежната обстановка над контролираната територия, което позволява автоматичното изготвяне и на дългосрочни прогнози с аванс на предупреждение от около няколко дни. Това време вече е напълно достатъчно за своевременно задействане на националната спасителна система и предотвратяване на тежките щети, които може да нанесе внезапно появяващото се наводнение. На фиг. 14 е представен пример от разпечатката на прогностичния модел за едно наводнение на р. Русенски Лом при с. Басарбово при хипотетично поставени прагови стойности на водното количество, съответстващи на безопасност 1 %.



фиг.14 Пример от изображението на прогностичния модел в за едно наводнение от р. Русенски Лом в района на с. Басарбово.

На изображението ясно се вижда размера на разлива, контурите на потопените къщи и короните на потопените високи дървета.

Заключение: Хидрометричният мониторинг на речния отток през фазата на високите води е една специфична, комплексна дейност. Основното различие в методиката за неговото провеждане се дължи на недостъпността на речното течение през тази фаза за традиционните измервателни уреди използвани при средни и ниски води. Широките речни разливи, значителната дълбочина на течението и огромната му влачуща сила са причина за единствения възможен контакт с повърхността му само от масивни мостове или от добре оразмерени служебни пасарелки над хидрометричните профили. Описаният иновативен Измерител, конструиран въз основа на безконтактно проникване в течението чрез ултразвукови вълни отстранява тази практическа трудност и поставя мониторинговата дейност при високите води на стабилни метрологични основи. От друга страна, у нас са изградени и функционират вече редица автоматични наблюдателни станции, в чийто състав са включени описаните системи за непрекъснато наблюдение на водното ниво. С това са създадени необходимите предпоставки за изграждане на национална система за ранно предупреждение при наводнения. Прототипен образец на такава регионална система вече съществува в басейна на р. Арда. Тя постоянно се усъвършенства и играе пилотна роля при плановите за аналогични регионални системи в другите речни басейни. Предстоящо е тяхното изграждане и свързване в национална система за ранно предупреждение при наводнения.

Литература:

- [1] Иван Маринов - Инженерна Хидрология „Хидрологични характеристики, минималните допустими водни количества в откритите течения, високи вълни и тяхната трансформация в открито течение и водохранилище, както и характеристиките на наносния отток.
- [2] Проф. доц. д-р инж. Евелин Симеонов Монеv - Инженерна хидрология и хидравлика - хидроложки и хидравлични изчисления, водоснабдителни съоръжения, корекционни работи ,отводняване на терени проверка и тарировка на преливни системи.

HYDROMETRIC MONITORING OF HIGH WATERS IN RIVERS DURING FLOODS

Plamen Atanasov Angelov

Plamen_8508@abv.bg

*National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) at BAS, Sofia,
Tsarigradsko Shosse 66
BULGARIA*

***Key words:** hydrometric, measurements, water levels, propellers, automatic stations, model floods.*

***Abstract:** The high waters are recurrent characteristic phase of river flow when in period of several hours to several days, the river passing large volumes of water. Flow during these periods is characterized by stormy state, highly speeds and depths. River water discharge may exceed several hundred times the average annual values, causing large spills in river valleys with great depth. Natural disaster causing enormous damage with the possibility for human victims. This report presents the use of contemporary methods of hydrological monitoring high water in rivers during floods.*