



An estimate of the extreme inflow to the reservoirs for the purposes of their management

Krassimira Nacheva*, Anna Yordanova, Irena Ilcheva

*National Institute of Meteorology and Hydrology,
66, Tsarigradsko shosse Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria*

Abstract: This study presents the NIMH's approach for estimating the maximum monthly inflow to reservoirs for the purposes of their management at high waters, as well as its application in practice. The approach includes three stages, which are applicable both annually and monthly. The change in hydrological conditions is taken into account. The methods applied at each of the three stages are also described. In addition, a new Russian method for determining the maximum water quantities in the absence of data has been tested experimentally. It is based on the statistical relationship between maximum and average monthly inflow. Examples are given for estimating the extreme inflow to Iskar, Topolnitsa and Bebreš reservoirs. The developed approach has been applied experimentally in practice for the needs of the Ministry of Environment and Water, Basin Directorates and National Electric Company.

Keywords: maximum runoff, extreme inflow, management, reservoir

Оценка на екстремния приток към язовирите за целите на тяхното управление

Красимира Начева*, Анна Йорданова, Ирена Илчева

*Национален институт по метеорология и хидрология,
„Цариградско шосе“ 66, 1784 София*

Резюме: Това изследване представя разработения в НИМХ подход за оценка на максималния месечен приток към язовирите за целите на тяхното управление

* krassimira.nacheva@abv.bg

в условията на високи нива, както и неговото приложение на практика. Подходът включва три етапа, които са изпълними както в годишен, така и в месечен план. Отчита се промяната в хидроложките условия и наличната информация. Описани са и методите, които се прилагат на всеки от трите етапа. В допълнение към него е проверен експериментално и нов за България руски метод за определяне на максималните водни количества при липса на данни. Той се основава на статистическата връзка между максималния и средномесечния отток. Приведени са примери за оценка на екстремния приток към яз. „Искър“, яз. „Тополница“ и яз. „Бебреш“. Разработеният подход е приложен експериментално в практиката за нуждите на Министерство на околната среда и водите, Басейнови дирекции и Националната електрическа компания.

Ключови думи: максимален отток, екстремен приток, управление, язовир

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Язовирите са хидротехнически съоръжения, които изпълняват важни функции – съхраняване и преразпределяне във времето и пространството на значителни водни обеми, осигуряване на постоянно водоснабдяване за населението и различни сектори на промишлеността и земеделието, среда за спорт, отдих и рекреация и др.

През последните години зачестяват екстремните природни явления (наводнения и засушаване). При тези условия управлението на изградените язовири и водностопански системи е от първостепенно значение, както за поемане на очакван приток и превенция при наводнения, така и за обезпечаване на водопотреблението в периоди на засушаване.

Възможността за поемане на екстремен приток (при висока вълна и пълноводие) се определя във всеки конкретен случай от съотношението между наличния свободен обем в язовира и максималния очакван приток (максимално водно количество и максимален воден обем), от капацитета на облекчителните съоръжения и на подязовирния участък, и др. В зависимост от поставените цели на управление на язовирите и хидротехническите съоръжения (ХТС) е необходима оценка на екстремните годишни или месечни притоци (и формираните на тази база обеми).

2. МЕТОДИЧЕСКИ ПОДХОД

Оценката на необходимия свободен обем в язовирите изисква задълбочен анализ и определяне на годишния и месечния максимален отток с определена вероятност и свързаната с тях продължителност на появата им (Методика за определяне..., р-л О.Сантурджиян, 2012). За тази цел в НИМХ е разработен подход за оценка на максималния месечен приток към язовирите и на необходимите свободни обеми

за тяхното управление в условията на високи нива и той е приложен на практика. Правилното решение изисква екстремният месечен приток (с 1%, 0,1% и т.н. обезпеченост) да се изчислява въз основа на екстремния приток и високите води през съответния месец.

Подходът се състои от три етапа (Йорданова&Илчева, 2013; Niagolov et.al. 2014; Yordanova&Ilcheva, 2019):

1. Определяне на редици за максималния годишен и месечен приток към язовира;

2. Оценка на годишния и месечния приток с определена обезпеченост 1%, 0,1% и т.н. и съответните обеми;

3. Анализ на възможностите на подязовирния участък да отведе висока вълна, аспектите на сигурността при експлоатацията на хидротехническото съоръжение (ХТС) и управление на язовира при високи нива.

В „Методика за определяне на обеми в язовирите съгласно Приложение 1 от Закона за водите за поемане на очакван приток“ авторите оценяват годишната висока вълна (ВВ) с определена обезпеченост и определят постоянно празен свободен обем в язовира (Niagolov et al., 2014). Препоръчано е при анализа да се използва и максималния месечен приток към язовира: „различни свободни обеми могат да се поддържат през различните месеци. Възможностите за преливане зависят от екстремните месечни притоци, както и от капацитета на дренажните съоръжения и на ретензиране на язовира. (Методика, 2012)“.

Подходът, представен в (Йорданова&Илчева, 2013; Yordanova&Ilcheva, 2019), допълва методиката и дава точно решение за проверката за преливане и оценката на водни обеми при високо ниво по месеци. Бяха генерирани възможните месечни ВВ (с продължителност до 5 дни) с обезпеченост 1% и 0,1% от наличната информация за дневния отток. Този подход е приложен в практиката за язовирите Искър, Тополница, Каскада „Арда“ и др. (Йорданова&Илчева, 2013; Niagolov et.al., 2014; Niagolov&Tzarev, 2015; Yordanova&Ilcheva, 2019).

В допълнение в настоящата разработката експериментално е приложен нов за България руски подход на Ефрафов и Никитенков. За всеки етап на подхода се прилагат различни методи:

Етап 1. Определяне на редиците от максимални стойности на оттока

Обосновката на подход за оценка на екстремните притоци към язовирите, зависи от коректната постановка на съответните хидроложки, хидравлични, хидротехнически и водностопански задачи, както и от наличната хидроложка информация, с която се разполага.

В зависимост от наличната информация се прилагат три основни групи от методи за определяне на екстремните притоци към язовирите - при наличие на редици от наблюдения (методи базирани на статистически данни и др.), при

недостатъчно данни от наблюдения (метод на аналогията) и при липса на данни (генетични подходи и др.). (Методика..., том 2, 2012)

1.1. При наличие на данни от наблюдения

При наличие на редици от хидрологични наблюдения се използват регистрираните на равни времеви интервали стойности на максималния отток при подходяща хидрометрична станция. На практика такива хидрометрични станции (ХМС) в опашката на всеки язовир и директен приток липсват. Затова се подбира меродавно ХМС, чиято редица от данни се привежда към конкретните хидроложки условия.

1.2. При недостатъчно данни от хидрологични наблюдения

В редица случаи този избор е затруднен, тъй като в близост до разглеждания пункт няма ХМС с дългогодишни наблюдения на речния отток. Тогава се прилагат методите за определяне на максималния отток при недостатъчно данни от наблюдения. В тези случаи характеристиките и параметрите на максималния отток могат да се определят с помощта на метод на аналогията, използващ корелационните връзки.

Изборът на ХМС-анализи се извършва въз основа на редица критерии, които са добре известни в хидроложката литература и практика. Корелационната връзка $Y = f(X)$ е между водното количество Y на ХМС с къс период наблюдения и стойностите на водното количество X на ХМС-аналог с достатъчно дълъг период наблюдения. За да се приложи този метод, е необходимо коефициентът на корелация r между двете редици да е по-голям от 0,7. Едва тогава корелационната връзка ще бъде достатъчно статистически надеждна.

1.3. При липса на хидрологични наблюдения

При липса на хидрологични наблюдения в изследвания пункт, параметрите на разпределението и оразмерителните стойности на максималния отток се определят с помощта на следните два подхода:

1.3.1. Построяване на регионални зависимости

При този метод се използват основните хидрометрични характеристики на водосбора. Построяване на регионалните зависимости $M_{cp} = f(H_{cp})$ за определяне на максимални водни количества с различна повтораемост (Определяне на..., 2004), където M_{cp} е средно-многогодишния модул на максималния отток, а H_{cp} е средната надморска височина. Коефициентът на

вариация също се определя по районни зависимости или емпирични формули, изведени за съответните физикогеографски условия.

1.3.2. Методи ВАЛЕЖ-ОТТОК

Благодарение на развитието на компютрите, тези методи намират все повече приложение и се развиват непрекъснато. Те изискват по-голяма база от данни за оттокообразуващите фактори. Наложителен е и експериментален подбор за някои адаптиращи параметри, което води до извършването на сериозни изследвания преди приложението им.

Тези методи са изградени на базата на наблюдения за валежите и геоморфологичните характеристики на водосбора и служат за определяне на речния отток със задоволителна точност. Те разчитат на по-добрата мрежа за измерване на валежите от съответната за измерване на речния отток. Три са най-разпространените метода, в зависимост от наличната информация за водосбора: метод на Clark, метод на единичния хидрограф на Snyder и SCS-метод (Методика..., том 2, 2012).

Етап 2. Определяне на екстремния месечен приток, хидрографа и обема на ВВ със зададена обезпеченост

Методите за получаване на изчислителните характеристики също зависят от наличността на данни за максималните водни количества в разглеждания пункт.

2.1. При наличие на редици от максимални водни количества. Вероятностно-статистически анализ

Във всички случаи на практиката, когато се работи с максималния отток, възниква необходимостта от определяне на неговите характеристики при съвсем малки вероятности на поява, за които като правило наблюдения няма. Това налага използване на екстраполация на наличните наблюдения чрез теоретичните криви на обезпеченост.

Същността на метода се състои в намиране на най-подходящата функция на разпределение, която апроксимира емпиричната крива на обезпеченост на притока. Най-често за територията на България това са логнормалното разпределение и гама разпределението. Този метод се развива и днес чрез въвеждането на все по-богат избор от представителни теоретични функции на обезпеченост.

2.2. При липса на редици от максимални водни количества

При липса на редици от максимални водни количества се използват емпирични методи и методи на базата на оттокообразуващи (генетични) фактори.

2.2.1. Емпирични методи

Най-популярен е методът, който използва формулата на Г. Крафти, поради лесното приложение и удобство при получаване на ориентируващи изчисления.

$$Q_{\max P} = 2,673 \cdot F^{0,549} (1 + \Phi_P C_V) \quad \text{в m}^3/\text{s, където:} \quad (1)$$

Φ_P – е нормираното отклонение на квантилите на разпределението на Пирсън, отчетено по таблиците на Фостер-Рибкин;

C_V – коефициентът на вариация на максималните водни количества, приемани по аналогия от друга изучена река;

F – площта на водосбора в km^2

2.2.2. Генетични методи

В България формирането на високите води се извършва главно от интензивните дъждове. Затова при генетичните методи се използват предимно методите на воден баланс за изчисление на максималния речен отток от дъжд (не и от снеготопене). Дъждовният произход на изчислителните високи води е особено характерен за малки и средни водосборни басейни с площ до $2000\text{-}3000 \text{ km}^2$, за които са характерни недостиг или липса на хидроложка информация. Към тези методи спадат:

А. Метод на Е. Монеv

Формулата, изведена от проф. Е. Монеv в този метод, е разработена за региона на Средна Северна България въз основа на методика създадена от Г. Алексеев.

$$Q_{\max P} = 16,67 \cdot \alpha \cdot H_p \cdot F/T, \quad (2)$$

където:

α - отточният коефициент;

H_p - валежната височина за обезпеченост P , отчита се от таблици;

F - площта на водосбора (km^2);

T - изчислителната продължителност на дъжда (min.)

Б. Метод на Г. Алексеев

Г. А. Алексеев въвежда (т.нар. от него) редукиционен коефициент $\Delta\psi(\tau, p) = H_{\tau, p} / H_p$ на валежния слой с продължителност τ и на денонощния максимум H_p при обезпеченост P . За прилагането в България на този подход страната ни е разделена на 9 валежни района, за които са изчертани специфични редукиционни криви на валежите.

Той предлага и следната генетична формула:

$$Q_{\max P} = 16,67 \cdot r \cdot \varphi \cdot F \cdot H_p \cdot \frac{\psi(\tau, p)}{\tau} \quad (3)$$

където:

r - коефициент за отчитане на регулиращото влияние на езера и водохранилища;

φ – отточният коефициент;

F – площта на водосбора в km^2

В. Методика на НИМХ

Въз основа на формулата, разработена от Е. Монеv за регионално приложение, както и на дадените формули от С. Герасимов (1978) в НИМХ е разработена обобщена методика за определяне на максималното водно количество при определена обезпеченост (Хидрологичен наръчник, 1980). Тя е приложима за водосборни басейни с площ до 2000 km^2 .

Максималното водно количество, образувано по склон се изчислява по формула, в която участват дължината на склона, наклонът на склона, условното време и условната скорост за стичане по склона, параметър за гладкостта на склона и др.

2.3. Определяне на хидрографа на високата вълна със зададена обезпеченост

При управлението на язовири и сложни хидротехнически комплекси е необходимо да се познава не само върха, но и целия хидрограф на високата вълна, както и другите ѝ основни характеристики – обем, форма и времетраене.

2.3.1. При наличие на редици от месечни максимални водни количества. Метод на трайностните криви

При достатъчно данни може да се определи изчислителният хидрограф на високата вълна на базата на трайностните криви (Герасимов, 1988). Те се построяват за всяка отделната година или за всеки отделен месец, в зависимост дали се търси

годишен или месечен оразмерителен хидрограф. Методът за годишния отток е аналогичен на този за месечния отток.

2.3.2. При липса на редици от месечни максимални водни количества

При липса на данни, след изчисляване на Q_p по метода на НИМХ, се преминава към определяне на обема и формата на хидрографа. За тази цел съществуват различни формули за водосборни басейни с площ до 10-20 km² и над 10-20 km².

2.3.3. Метод на Ефрафов и Никитенков

В настоящата разработката експериментално е приложен нов за България руски подход, който се основава на статистическа връзка между максималните и средните стойности на речния отток. Съгласно генетичната теория за формиране на оттока, върху пика на високата вълна оказва влияние цял комплекс от фактори. По-съществените от тях са интензивност на валежите, интензивност на снеготопенето, дебелина и плътност на снежната покривка и много други. Тъй като процесът на оттокообразуването е изключително сложен, достъпът до данни от ежедневни или почасови наблюдения е ограничен, а за голяма част от язовирите такива данни липсват, възниква идеята за оценка на статистическата връзка между максималния отток и средномесечния, за който в повечето случаи съществуват данни. Такава връзка вече е изследвана на територията на Русия (Ефрафов, А., Б. Никитенков, 2007).

Етап 3. Определяне на обемите за поемане на очакван приток и управляващи функции за работа при високи нива

Разработването на управляващи функции за работа при високи нива (диспечерски графици) е свързано с определянето на свободни обеми в язовира и указания за поддържане на тези свободни обеми (Методика за определяне..., 2012, р-л О. Сантурджиян; Niagolov&Tzarev, 2015; Niagolov et.al., 2014; Yordanova&Ilcheva, 2019). Оценката на обемите за поемане на очакван приток е експертна и зависи от: нормативите, риска от наводнение в подязовирния участък и допустимото водно количество на речното корито, състоянието на ХТС и условията за неговата безопасна експлоатация, водните количества на отвеждащите съоръжения (подязовирни ВЕЦ, основни изпускатели, преливници), и др.

Максималният отток се свързва с неговата вероятност на превишение, с класа на ХТС и с условията за експлоатация (Герасимов, 1988; Папазчев и кол., 1991). Язовирите от приложение №1 от Закона за водите са I – II клас и се оценяват при нормални условия за експлоатация при 0,1%, 1,0% обезпеченост

на ВВ (респективно 0,01%, 0,1%, 0,5% при проектиране и екстремни условия). За язовирите II, III, IV клас обезпеченостите са съответно: 1,0%, 2,0%, 5% при нормални условия (0,1%, 0,5%, 1,0% при екстремни условия и проектиране).

Определянето на свободните обеми в (Методика за определяне..., 2012, р-л О. Сантурджиян) става, чрез годишната ВВ с отчитане на ретензирането. В допълнение, въз основа на т. нар. базова хидроложка редица на brutния месечен приток към язовира, се анализира и оценява месечният приток с повтаряемост 50, 20 и 10 години (2%, 5% и 10% обезпеченост) и др.

Представеният в (Niagolov et.al., 2014; Yordanova&Ilcheva, 2019) подход се основава на екстремните месечни притоци (ВВ) и допълва методиката. На практика спомага за реализиране на поръчаната оценка по месеци и на т. нар. проверка за преливане.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ПРИЛОЖЕНИЕ И РЕЗУЛТАТИ

3.1. Прилагане на подхода за оценка на екстремни месечни притоци

Разработената методология за определяне на месечния екстремен приток с определена вероятност е приложен експериментално в практиката за МОСВ и Басейнови дирекции, Национална електрическа компания, „Язовири и каскади“, ARDAFORECAST и др. (Йорданова&Илчева, 2013; Yordanova&Ilcheva, 2019; Герасимов, 1988).

Получените резултати за оценка на месечния и годишния максимален приток в язовир Тополница са илюстрирани в таблица 1 (Yordanova&Ilcheva, 2019):

Table 1. Maximum monthly inflow in Topolnitsa Reservoir, 1936-2005, Q_p (m^3/s)

Таблица 1. Максимален месечен приток към яз.Тополница, 1936-2005, Q_p (m^3/s)

P, %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ann.
1	150,58	158,30	178,37	133,58	262,81	360,53	254,69	265,38	194,36	148,86	153,35	168,41	496,70
0,1	380,32	319,64	318,40	196,24	487,54	693,06	377,68	658,04	513,22	396,58	384,19	390,68	850,33
0,01	820,05	569,98	353,41	267,36	812,78	1184,80	499,49	1389,59	1141,53	891,19	822,61	782,64	1323,70

Гореописаните методи за изчисляване на максималния отток са приложени за яз. Бебреш. Получени са оразмерителните хидрографи на високите води (фиг.1). Характеристиките на оразмерителните хидрографи на високите води за яз. Бебреш определени чрез различните методи са обобщени в таблица 2.

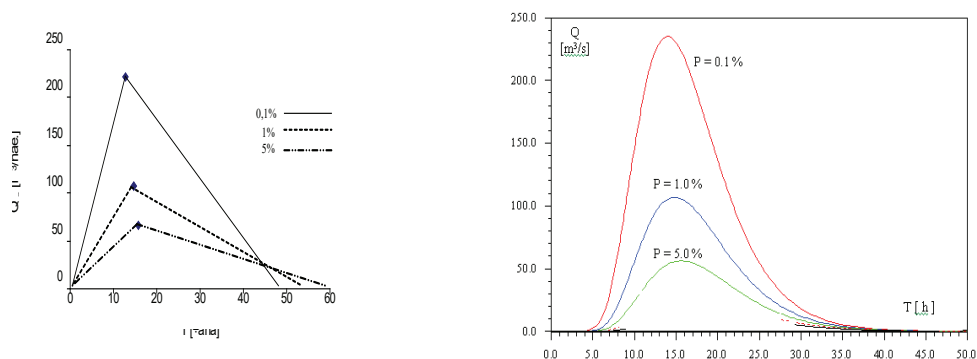


Fig. 1. Flood hydrographs for Bebreesh Reservoir

Фиг. 1. Оразмерителните хидрографи на високи води за яз. Бебреш

Table 2. Characteristics of the flood hydrographs for Bebreesh Reservoir

Таблица 2. Характеристики на оразмерителните хидрографи на високите води за яз. Бебреш

	P	0,1%	1%	5%
НИМХ	ВРЪХ $Q_{\max}(P)$ м. ³ /сек.	221,27	111,30	66,65
	ОБЕМ $W_{\max}(P)$ м. ³ 10 ⁶	9,01	5,50	3,68
	t_{Π} (часа)	12,80	14,72	15,74
	T (часа)	48,62	55,94	59,81
Алексеев	ВРЪХ $Q_{\max}(P)$ м. ³ /сек.	271,79	126,48	68,11
	ОБЕМ $W_{\max}(P)$ м. ³ 10 ⁶	9,01	5,50	3,68
	t_{Π} (часа)	9,21	12,07	15,02
	T (часа)	27,62	36,22	45,05
Модев	ВРЪХ $Q_{\max}(P)$ м. ³ /сек.	234,9	106,9	56,2
	ОБЕМ $W_{\max}(P)$ м. ³ 10 ⁶	10,73	5,18	2,87
	t_{Π} (часа)	13,96	14,79	15,60
Крафти	ВРЪХ $Q_{\max}(P)$ м. ³ /сек.	192,51	127,98	83,28
Монев	ВРЪХ $Q_{\max}(P)$ м. ³ /сек.	216,2	92,7	44,9

3.2. Експериментално приложение на метода на Ефрафов и Никитенков

Изследвани са общо 28 водосборни басейна, разпределени в 5 поречия, разположени в Егейската отточна област: поречие Марица - 11 водосбора, поречие Тунджа - 4 водосбора, поречие Арда – 3 водосбора, поречие Места – 7 водосбора, поречие Струма – 3 водосбора (Nacheva et.al., 2019).

Подбрани са такива, при които няма значителни фактори, причиняващи голямо изменение на естествения отток. Спазени са препоръките за водосборна площ, за която може да бъде приложен метода, както и за поне 20-годишен период с наблюдения. В това изследване разчетите са правени за 26-годишен период.

За всички ХМС бяха изчислени коефициентите на корелация, бяха построени графичните функции и определени уравненията на зависимостта. Първоначално са изчислени стойностите на корелационния коефициент k_1 между максималното годишно водно количество Q_{max} и средногодишното водно количество $Q_{ср}$. Те са представени в таблица 3. От всички изследвани водосбори 13 се отличават със значителна корелация ($k_1=0,4-0,6$) и само 7 с висока корелация ($k_1=0,6-0,8$).

Table 3. Correlation coefficients k_1 between the maximum annual inflow Q_{max} and the average annual inflow $Q_{ave\ ann}$.

Таблица 3. Корелационни коефициенти k_1 между максималното годишно водно количество Q_{max} и средногодишното водно количество $Q_{ср}$.

$Q_{max}/Q_{ср}$.	Река - ХМС	k_1
поречие Места	Места - Якоруда	0,45
	Места - Момина кула	0,51
	Места - Хаджидимово	0,61
	Вотрачка - Белица	0,66
	Златарица - Елешница	0,39
	Брезнишка - Брезница	0,62
	Канина - Беслет	0,58
поречие Струма	Драговищица - Горановци	0,71
	Новоселска - Слокощица	0,30
	Елешница - Ваксево	0,32
поречие Арда	Върбица - Върли дол	0,60
	Върбица - Джебел	0,37
	Крумовица - Крумовград	0,71
поречие Тунджа	Тъжа-ВЕЦ"Тъжа"	0,58
	Турийска-Турия	0,08
	Лешница-Ясеново	0,44
	Енинска-Енина	0,51

поречие Марица	Марица-Радуил	0,57
	Тополница-Поибрене	0,44
	Луда Яна-Сбор	0,52
	Въча-Настан	-0,09
	Широколъшка-Широка лъка	0,54
	Девинска-Девин	0,45
	Първенецка-Храбрино	0,03
	Чепеларска-Бачково	0,64
	Стряма-Клисура	0,27
	Банска-Димитровград	0,58
Харманлийска-Харманли	0,73	

Също така е изследван коефициентът на корелация k_2 между максималното годишно водно количество Q_{\max} и максималния средномесечен отток $\max Q_{\text{ср. мес.}}$ и резултатите са представени в таблица 4.

Table 4. Correlation coefficients between the maximum annual inflow Q_{\max} and the maximum average monthly inflow $\max Q_{\text{ave month}}$.

Таблица 4. Корелационни коефициенти между максималното годишно водно количество Q_{\max} и максималното средномесечно водно количество $\max Q_{\text{ср.мес.}}$.

$Q_{\max}/\max Q_{\text{ср.мес.}}$	Река - ХМС	k_2
поречие Места	Места - Якоруда	0,05
	Места - Момина кула	0,59
	Места - Хаджидимово	0,62
	Вотрачка - Белица	0,65
	Златарица - Елешница	0,39
	Брезнишка - Брезница	0,57
	Канина - Беслет	0,64
поречие Струма	Драговищица - Горановци	0,65
	Новоселска - Слокощица	0,14
	Елешница - Ваксево	0,34
поречие Арда	Върбица - Върли дол	0,25
	Върбица - Джебел	0,30
	Крумовица - Крумовград	0,66
поречие Тунджа	Тъжа-ВЕЦ"Тъжа"	0,42
	Турийска-Турия	-0,03
	Лешница-Ясеново	0,27
	Енинска-Енина	0,47

поречие Марица	Марица-Радуил	0,67
	Тополница-Поибрене	0,31
	Луда Яна-Сбор	0,54
	Въча-Настан	0,46
	Широколъшка-Широка лъка	0,42
	Девинска-Девин	0,45
	Първенецка-Храбрино	0,16
	Чепеларска-Бачково	0,35
	Стряма-Клисура	0,38
	Банска-Димитровград	0,55
	Харманлийска-Харманли	0,61

В този случай значителна корелация ($k_2=0,4-0,6$) се отчита едва при 7 водосбора. Тя е висока ($k_2=0,6-0,8$) при други 7 водосбора, които до голяма степен дублират водосборите с висок корелационен коефициент k_1 . Имайки предвид това, както и фактът, че k_1 показва значителна корелация при по-голям брой (13 бр.) водосбори, се отдава предпочитание на корелационния коефициент k_1 между максималното годишно водно количество Q_{\max} и средногодишното водно количество $Q_{\text{ср}}$.

По-високи стойности показва корелационната зависимост, изследвана по месеци. В таблица 5 са представени корелационните коефициенти между максималното месечно водно количество $Q_{\max\text{мес}}$ и средномесечното количество $Q_{\text{ср.мес}}$ за всеки месец.

Table 5. Correlation coefficients between the maximum monthly inflow $Q_{\max\text{month}}$ and the average monthly inflow Q_{avemonth}

Таблица 5. Корелационни коефициенти между месечното максимално водно количество Q_{\max} и средномесечното водно количество $Q_{\text{ср.мес}}$.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Места - Якоруда	0,61	0,62	0,74	0,87	0,69	0,56	0,74	0,41	0,04	0,10	0,74	0,59
Места - Момина кула	0,85	0,86	0,93	0,30	0,54	0,51	0,62	0,57	0,71	0,86	0,82	0,87
Места - Хаджидимово	0,70	0,88	0,88	0,39	0,43	0,58	0,72	0,87	0,65	0,84	0,73	0,82
Вотрачка - Белица	0,62	0,51	0,77	0,83	0,81	0,62	0,92	0,60	0,57	0,73	0,85	0,85
Златарица - Елешница	0,83	0,94	0,81	0,76	0,39	0,30	0,77	0,24	0,29	0,89	0,61	0,92
Брезнишка - Брезница	0,69	0,82	0,82	0,68	0,69	0,54	0,31	0,42	0,68	0,86	0,28	0,83

Оценка на екстремния приток към язовирите за целите на тяхното управление

Канина - Беслет	0,86	0,64	0,72	0,51	0,84	0,84	0,51	0,20	0,63	0,74	0,91	0,71
Драговищица - Горановци	0,87	0,89	0,78	0,90	0,78	0,90	0,71	0,25	0,56	0,84	0,70	0,67
Новоселска - Слокощица	0,73	0,84	0,86	0,69	0,56	0,75	0,74	0,43	0,50	0,48	0,60	0,80
Елешница - Ваксево	0,88	0,78	0,75	0,54	0,43	0,39	0,70	0,11	0,25	0,65	0,83	0,68
Върбица - Върли дол	0,73	0,02	0,85	0,83	0,80	0,85	0,87	0,84	0,85	0,74	0,84	0,68
Върбица - Джебел	0,90	0,80	0,87	0,70	0,83	0,90	0,94	0,71	0,80	0,85	0,72	0,68
Крумовица - Крумовград	0,84	0,77	0,67	0,75	0,85	0,74	0,71	0,49	0,51	0,70	0,72	0,81
Тъжа-ВЕЦ"Тъжа"	0,82	0,74	0,71	0,70	0,83	0,87	0,37	0,74	0,92	0,95	0,75	0,89
Турийска-Турия	0,85	0,93	0,83	0,84	0,77	0,78	0,38	0,29	0,26	0,95	0,56	0,72
Лешница-Ясеново	0,91	0,84	0,68	0,60	0,81	0,90	0,53	0,64	0,81	0,91	0,70	0,72
Енинска-Енина	0,84	0,78	0,65	0,64	0,62	0,86	0,50	0,27	0,88	0,96	0,61	0,66
Марица-Радуил	0,63	0,45	0,82	0,86	0,85	0,70	0,76	0,73	0,83	0,85	0,87	0,75
Тополница-Поибрене	0,91	0,83	0,75	0,82	0,75	0,57	0,62	0,28	0,73	0,98	0,66	0,74
Луда Яна-Сбор	0,86	0,85	0,78	0,92	0,77	0,81	0,59	0,79	0,98	0,99	0,84	0,76
Въча-Настан	0,59	0,62	0,74	0,43	0,51	0,74	0,67	0,18	0,82	0,83	0,64	0,53
Широколъшка-Широка лъка	0,56	0,78	0,89	0,63	0,59	0,70	0,74	0,69	0,24	0,89	0,78	0,73
Девинска-Девин	0,79	0,85	0,92	0,84	0,86	0,89	0,91	0,73	0,84	0,89	0,86	0,75
Първенецка-Храбрино	0,86	0,79	0,66	0,86	0,57	0,47	0,76	0,83	0,77	0,72	0,54	0,71
Чепеларска-Бачково	0,80	0,86	0,78	0,65	0,63	0,82	0,84	0,57	0,71	0,63	0,66	0,83
Стряма-Клисура	0,93	0,92	0,74	0,84	0,66	0,69	0,42	0,80	0,73	0,99	0,81	0,91
Банска-Димитровград	0,84	0,81	0,66	0,79	0,74	0,96	0,70	0,69	0,87	0,98	0,73	0,90
Харманлийска-Харманли	0,92	0,90	0,90	0,76	0,76	0,79	0,83	0,82	0,91	0,91	0,88	0,78

При месечните стойности корелацията често е много висока, с корелационни коефициенти над 0,8-0,9. Те са по-характерни за периодите на пълноводие в съответния водосбор – месеците от ноември до февруари или през пролетните месеци. Често по месеци корелацията е висока, със стойности 0,6-0,8. С други думи,

по-надеждно е, ако максималният отток се възстановява на месечна база. Тогава, особено през периода на пълноводието, връзката със средния месечен отток е още по-тясна. Трудността произтича от това, че през други месеци корелацията е слаба или умерена (със стойности 0,0-0,2 или 0,2-0,4) и затова не може да се разчита на надеждно възстановяване на всички месечни данни за максималния отток.

Може да се направи изводът, че връзката между годишните максимални и средни водни количества е достатъчно надеждна, с висока корелация само при твърде ограничен брой ХМС (25% от изследваните). Корелацията между месечните максимални и средни водни количества е твърде непостоянна - много висока и висока през едни месеци и слаба или умерена през други месеци. Ето защо за Егейската отточна област на България този метод не е надежден при възстановяването на липсващи данни за максималния отток и не трябва да бъде използван като единствен без проверка и по други методи.

Някои руски автори също са забелязали, че на територията на Русия за речните водосбори с малък коефициент на езерност връзката между максималния месечен и средния месечен отток остава статистически значима, но коефициентите на корелация могат да са доста под 0,7. Затова такива зависимости не е целесъобразно да се използват за целите на практиката. (Сикан, А.В., Н.Г. Малышева, 2008).

3.3. Приложение на подхода за комплексни и значими язовири

В разработката този подход е онагледен с оценка на максималния месечен приток за язовир Искър (Yordanova&Ilcheva, 2019). За рационално използване на водата в сложните и значителни водоеми, какъвто е язовир Искър, в НИМХ са разработени класически диспечерски графици, представени в табличен и графичен вид. С тяхна помощ се решават два проблема (Йорданова&Илчева, 2013; Niagolov&Tzarev, 2015; Niagolov et.al., 2014; Yordanova&Ilcheva, 2019):

- 1). избягване на ситуации с рязък дефицит и
- 2). навременно освобождаване на свободен обем, за поемане на висока вълна.

Подобни графици са разработени за комплексни и значими язовири в четирите басейнови дирекции („Камчия“, „Тича“, „Дяково“ и др.). За решаване на втората задача се използва информацията за възможни високи вълни до 7 дни и обезпеченост от 1% и 0,1%.

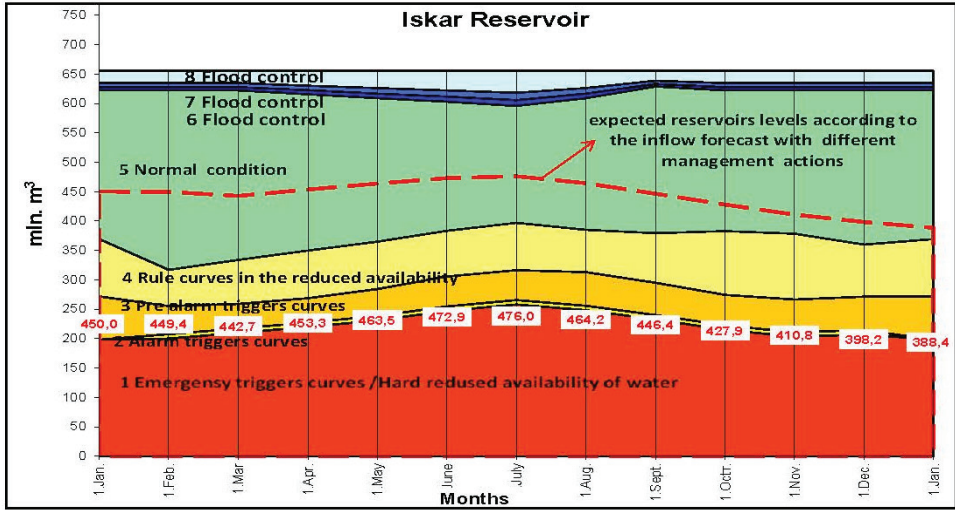


Fig. 2. Decision support system for reservoir operation – Iskar Reservoir

Фиг. 2. Система за подпомагане на вземането на решения за експлоатация на язовир - яз. Искър

Диспечерският график съдържа следните 8 зони (фиг.2) (Йорданова&Илчева, 2013; Niagolov et.al., 2014; Yordanova&Ilcheva, 2019):

- Зона 1 е зоната на работа при силно намален отток;
- Зона 2 и Зона 3 са зоните с правилата за работа при намаляващ отток;
- Зона 4 е зоната на практическата работа без ограничения;
- Зона 5 е зоната на работа без ограничения и нормално водоснабдяване;
- Зони 6, 7 и 8 са зони на работа при „високи нива“ със съответните правила.

Зони 6, 7, 8 за работа на „високи нива“ се формират въз основа на екстремния месечен приток и капацитета на хидротехническите съоръжения - Фиг.1 (Niagolov, 2011):

- Зона 6 (контрол на наводненията) - зоната за работа на „високи нива“ е буфер между зоната без ограничения (зона 5) и зони 7 и 8;
- Зона 7 (контрол на наводненията) - зоната за работа на „високи нива“ е тази зона при която работят непрекъснато ВЕЦ „Пасарел“ и „Кокаляне“;
- Зона 8 (контрол на наводненията) - зоната за работа на „високи нива“ е тази при която ВЕЦ Пасарел и Кокаляне са постоянно активирани. Активиран е основният изпускател на язовира (до 60 m³/s).

4. ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

Познати са множество подходи за оценка на екстремните притоци и обеми към язовирите. За целите на управлението на язовирите в нашата страна, в НИМХ е разработен подход за оценка на максималния месечен приток към язовирите и необходимите свободни обеми за тяхното управление в ситуация на високи нива. Той вече е приложен експериментално в практика за няколко комплексни и значими язовири.

Препоръчително е за големите и значими язовири от Приложение №1 от Закона за водите да се ползва наличната статистическа информация за максимални водни количества (от ХМС) или дневните притоци към язовирите. Резултатите от проведените експерименти за Егейската отточна област, показват че методът на Ефрафов и Никитенков не е надежден за възстановяването на липсващи данни за максималния отток и не трябва да бъде използван. При липса на статистическа информация и за водосборни басейни с площ до 2000 km² се препоръчва приложението на методиката на НИМХ (на С. Герасимов).

Разработеният подход дава точното решение за оценка на екстремните месечни притоци към язовирите, проверката за преливане и оценката на необходимите свободни обеми на Диспечерските графици за работа при високи нива по месеци. Той е гъвкав и отговаря на всяка промяна в хидрологичните условия, и вече е приложен експериментално в практиката за нуждите на МОСВ, Басейнови дирекции, НЕК. Това може да подпомогне създаването на Национална система за управление на водите в реално време.

ЛИТЕРАТУРА

- Герасимов, С., (1978), Методично ръководство за определяне на характеристиките на максималния речен отток, С., ГУ „Хидрология и метеорология“, с.98
- Герасимов, С., (1988), Методи за анализи и изчисления на максималния речен отток, С., монография НИМХ
- Ефрафов, А.В., Б.Ф. Никитенков, (2007), Исследование связи максимальных речных расходов со среднемесячными, Материалы международной научно-практической конференции „Роль природообустройства сельских территорий в обеспечении устойчивого развития АПК“. Часть I. М.: МГУП, с. 225–228
- Йорданова, А., И.Илчева, (2013), Определяне на хидрографа на високата вълна за яз. Бебреш, Science & Technologies, Volume III, Number 4, Technical studies
- Методика за определяне на обемите за поемане на очакван приток в язовирите от Приложение 1 от Закона за водите, (2012), МОСВ, методичен р-тел О.Сантурджиян
- Методика за определяне на обеми в язовирите по Приложение 1 от Закона за водите, за поемане на очакван приток и Методика за определяне на свободни обеми в язовирите преди пълноводие и преди високи вълни и на лимити за изпускане на водите от тях, (2012), съгласно Договор Д – 30 – 176/13.09.2011 г. между НИМХ И МОСВ, том 2, р-л И. Няголов

- Определяне на средни, минимални и максимални водни количества с различна повтораемост, (2004), НИМХ
- Папазчев, Ив., и кол., (1991), Ръководство за проектиране на хидротехнически съоръжения, С., Техника
- Преценка на високата вълна на яз., „Искър“ и свързаните с това действия за ефективно управление на водностапанска система „Искър“, (2001), Проект на УАСГ, договор с НЕК
- Сикан, А.В., Н.Г. Малышева, (2008), Исследование показателей инерционности речных систем, Ученые записки № 7, с.23-28
- Хидрологичен наръчник-II част, (1980), С., Техника, с.294
- Nacheva, Kr., A. Yordanova, I. Ilcheva, (2019), Exploration of the relation between the maximum runoff and the average river runoff in some Bulgarian rivers, Science & Research, vol.3, number 1, p. 50-54
- Niagolov, I., (2011), Experimental commissioning of a model for drainage of the Iskar Reservoir, NIMH, Agreement with MOEW
- Niagolov, I., P. Tzarev, (2015), Models for management of the Studen Kladenets and Ivaylovgrad Dam to reduce the flooding, ARDAFORECAST, http://arda.hydro.bg/newsImages/010/ARDAFORECAST_Yazoviri.pdf
- Niagolov, I., I. Ilcheva, A. Yordanova, V. Raynova, (2014), Management of complex reservoirs under extreme condition, Ecology and Safety, Vol.8, ISSN 1314-7234
- Yordanova, A.; Ilcheva, I., (2019), The role of the complex water systems and reservoir management in terms of climate change and floods, Book number: 3.1SGEM Series: International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM, ISBN: 978-619-7408-81-2, ISSN: 1314-2704, DOI: 10.5593/sgem2019/3.1/S12.075, pp.583-590