

РЕЗЮМЕТА

на научните трудове на доц. д-р инж. Елена Кирилова Божилова за участие в конкурс за академична длъжност „професор“ в област на висше образование 5. „Технически науки“, професионално направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия, научна специалност „Инженерна хидрология, хидравлика и водно стопанство“ (тема: Количествена оценка на водните ресурси и режима на оттока в условия на засушаване и климатични вариации) обнародван в ДВ бр. 81 /03.10.2025 г.

ПУБЛИКАЦИЯ: АВТОР, ЗАГЛАВИЕ, ИЗДАТЕЛСКИ ДАННИ, РЕЗЮМЕ

В.3 Монография: Елена Кирилова Божилова, "Река Янтра – хидроложки анализи и моделиране на речния отток", ISBN 978-619-7739-10-7. Издателство Neofeedback, 234 стр.

Монографията разкрива пространствено-времевата динамика на речния отток в границите на речния водосбор чрез различни подходи (статистически и вероятностен) и методи (емпирични и теоретични криви на обезпеченост, трайностни криви, регресионни уравнения и др.). В основата на анализа са поставени годишният отток и разпределението на водните количества по месеци и сезони, минималният и максималният отток, описани чрез честота и вероятността им за проява и други хидроложки параметри. Проучването се основава на наличната информация (ежечасни стойности на водните стоежи, ежедневни водни количества и др.) от хидрометричната мониторингова мрежа на Националния институт по метеорология и хидрология в речния водосбор.

Изборът на река Янтра за обект на изследване е предпоставен от дългогодишните изследвания на хидроложките процеси и събития в най-големия по площ речен водосбор, развит на север от Стара планина. Във водосбора с големи различия в релефа, геологията, почвената и растителната покривка, се разкриват всички характеристики на речния отток в условията на умереноконтинентален климат и измененията му през последните десетилетия. Край река Янтра възникват едни от най-старите селища в страната – Велико Търново и Габрово, развиват се градовете Горна Оряховица, Долна Оряховица и Бяла и над 20 селски населени места. В границите на речния водосбор на р. Янтра функционират редица селища, което обяснява изграждането на пет язовира, множество водохващания за стопански цели.

Сложната хидрографска структура и динамичните хидроложки процеси в съчетание с антропогенния натиск чрез водоземанията и замърсяването с отпадъчни води е основание за непрекъснат мониторинг и анализ на хидроложкия цикъл в поречието на река Янтра с цел ефективно устойчиво управление на речните водни ресурси.

Монографичният труд е разделен на два основни дяла: първата част е хидрология на водосбора на река Янтра, а втората част е посветена на моделиране на речния отток. В първия дял „Хидрология на водосбора на река Янтра“ последователно е разгледан годишния речен отток във водосбора както на главната река, така и за основните притоци. Изследвани са многогодишните тенденции във формирането на речния отток. За целта са използвани възможно по-дълги хидроложки редове. Някой от анализиранияте редове с речен отток са с дължина над 85 елемента (години) като се започва от далечната 1936 г. когато са открити някои от първите станции до 2019 г. Определени са по-крупните фази на речния отток: периоди на пълноводие и маловодие. Ясно изразени са фаза на повишена водност между 1950 и 1980 г. и фаза на понижена водност от 1981 до 2005 г. Последната фаза от 2005 до 2019 г. се очертава като фаза с повишена водност, но не може да се твърди, че фазата е завършена. Получените резултати за средногодишните водни количества със зададена обезпеченост са сравнени с Хидрологичен справочник

(1982). Предложено е използването на метод на композицията за уточняване на емпиричните разпределения.

Изследвано е вътрешно-годишното разпределение на речния отток във водосбора на реката като се започва с месечното и се преминава към сезонно разпределение. Анализирани са месечното разпределение на речния отток в отточен слой (в mm и в %). Данните за месечните водни количества удостоверяват намалението им за всички месеци в посока север-юг по главното течение на р. Янтра. Сезонното разпределение на речния отток е дадено за хидроложка година както и за три сезона: зима (ноември–февруари), пролет (март–юни) и лято (юли–октомври). Предложени са така наречените индекси на базови приток *baseflow index* или подземен приток за определяне на относителния принос на подземния приток. Индексите на базовия отток са изчислени със съотношението Q_{90}/Q_{50} . Базовият отток (Q_{90}) за водосбора варира от 0,4 m³/s до 18,2 m³/s. За водосбора на река Янтра стойностите на индекса на подземния приток варират от 0,28 до 0,58 (безразмерна величина). Висока стойност на индекса на подземния приток е свидетелство за значителен подземен приток в речното корито. Представени са обобщени / абсолютни трайностни криви за главната река и някои от основните притоци като получените резултати са сравнени с предишни изследвания.

Максимален отток. Във водосбора на река Янтра почти всички годишни максимум на оттока са регистрирани през периода от месец февруари до месец юли. Април е месецът през който честотата достига своя връх когато се отчита преминаването на почти една четвърт от всички регистрирани годишни максимуми. Анализирани са честотата на максималните водни количества за период над 50 год. както по месеци така и по три хидроложки сезона. Около и над 55% до 64% от максималните водни количества са съсредоточени през пролетния сезон, резултати сходни с тези на Панайотов. Около 35% от максималните водни количества са съсредоточени в края на зимата и началото на летния хидроложки сезони. Появата на максимуми на речния отток в останалата част от годината е изключение. Използвани са хидроложки сезони за да има сравнимост между ново получените резултати и изследванията преди това.

Изследвано е месечното и сезонното разпределение на максималните водни количества. Анализирани и представени са информацията за високи вълни преминавали в поречието на река Янтра. Високите вълни са дефинирани с начало момента на рязко покачване на водното количество, а край е датата на интензивно спадане. Анализът позволява сравнимост с предишни изследвания (Хидрологичен справочник на реките в България, 1984).

Резултатите за параметрите на високите вълни във високопланинската част на речния водосбор на Янтра показват ежегодна поява при изключително голяма честота през месеците юни и юли. Средното времетраене на високите вълни е между два и 18 дни. Продължителността на подема на високите вълни варира в твърде широки граници – от три до 98 часа (четири денонощия) вследствие на различната интензивност на валежите и/или снеготопенето. Продължителност на спада на високите вълни е от 21 до 254 часа. Резултатите са сходни с изследванията на Христова (2007).

В средното течение на главната река (Янтра – В. Търново) високите вълни за периода 1985–2005 г. се регистрират през месеците юли, май и февруари, за разлика с периода 1950–1975 г., през който високите вълни се установяват най-често през месеците юни, април и септември (Хидрологичен справочник ..., 1984). Общото времетраене на високите вълни е от два до десет дена с продължителност на покачването от 17 до 50 часа, а на спад от 45 часа до 255 часа, параметри, сходни с тези на високите вълни за предходни изчислителни периоди. Най-екстремната по водно количество (1309 m³/s) висока вълна за 1985–2005 г. е регистрирана през м. юли 1991 г., а за периода 1950–1975 г. през м. юни 1966 година (1190 m³/s).

Повторяемостта на високите води е определена от максималния ежедневен речен

отток за календарна година за периода 1961–2018 г. Изчислена е повторяемостта на 2, 5, 10, 20, 50 и 100 години или съответно 50, 20, 10, 5, 2 и 1% вероятност. Стойностите на оттока всяка втора година варират например от 507,9 m³/s за р. Янтра – с. Каранци до 4,6 m³/s за р. Елийска.

Предложен е „Индекс високи води“ – FI (Flood Index). Индекс високи води се прилага за определяне на висока вълна с избран „висок“ период на повторение (веднъж на 50, 100, 1000 години) при налична висока вълна с „нисък“ период на повторение (напр. висока вълна всяка втора година или средно многогодишната максимална стойност). Повисоката стойност на индекса (или съотношение) е свидетелство за т.нар. „по-отзивчив“ дренажен басейн към високи вълни, обикновено с малка водосборна площ. Това твърдение се доказва от получените резултати за речния басейн на Янтра: най-високите стойности на индекса за високи води се получават за басейна на р. Острецка (площ < 20 km²).

Определени са характеристика на **минималния отток** в поречие Янтра. Определена е месечната честота (в %) на минималните дневни водни количества в поречието за възможно най-дългия разполагаем период на наблюдение. Средно за поречието честотата на минималните водни количества е 69% през летния и 29% през зимния хидроложки сезон. Появата на минимума на речния отток в останалата част от годината (пролетния сезон) е изключение. Анализирани са повторяемостта на минималния отток.

Приложени са методиката за **минимално допустим отток** в реките и **екологичен отток** ($Q_{\text{екол}}$). Минимално допустимият отток в поречие Янтра, за обезпечаване на отток равен на 10 на сто от средното многогодишно водно количество или минималното средномесечно водно количество с обезпеченост 95%, е определен за 1981–2019 г. като е извършена регионализация на речния басейн. С понятието екологичен отток се дефинира водният обем, обезпечаваш условия за устойчиво и безопасно функциониране на водните екосистеми. Приложена е и нова методика за определяне на екологичен отток като са формирани са три „сезона“ по водност – „сезон“ с висока (high flow season), средна (medium flow season) и ниска водност (low flow season).

Раздел втори разглежда моделиране на хидроложките системи. Направен е кратък теоретичен преглед на моделите за моделиране на процеса валеж-отток. Накратко е разгледано моделирането на оттока на българските речни течения през годините. Предложени са два основни модела за моделиране оттока на река Янтра: моделиране на речния отток с модел с разпределени параметри Hydro-BEAM (Hydrological Basin Environmental Assessment Model) разработен в Университета на Киото, Япония и моделиране на речния отток с модел с полу-разпределени параметри. Приложимостта на модел Hydro-BEAM е тествана в условия на многогодишна симулация на речния отток за басейна на Горна Янтра: към р. Янтра – В. Търново, кв. Чолаковци.

Процесът валеж-отток в целия водосбор на р. Янтра до вливането и в р. Дунав е моделиран с модел с полу-разпределени параметри: с HEC-GeoHMS (Geospatial Hydrologic Modelling Extension) и HEC-HMS (Хидроложко Моделиране на Системата). Направени са: 1/ многогодишна симулация на речния отток с периода на калибриране и верифициране в рамките на 1985–2005 г.; моделиране на събитие (моделирана е историческа висока вълна) и др. Моделирано е вътрешно-годишното разпределение на оттока със следните водности: екстремно многоводна година (1.0% обезпеченост 2004/2005), много-водна (25% обезпеченост 1990/1991); средна водност (50% обезпеченост 1998/1999); средносуха (75% обезпеченост 1985/1986); и суха (95% обезпеченост 2000/2001) година. Изследвана е реакцията на речната система при различни сценарии за промяна в условията на формиране на речния отток – напр. увеличаване непропускливата площ в избрани под-водосбори.

Краткосрочни прогнози. Модел HEC-HMS е приложен за краткосрочно

прогнозиране и експерименти с прогнози в реално време за р. Янтра при с. Каранци. Към момента така адаптирания модел се използва в оперативната практика на НИМХ за ежедневно прогнозиране на речния отток на р. Янтра.

Монографичният труд „Река Янтра – хидроложки анализи и моделиране на речния отток” е предназначена както за специалисти в областта на хидрологията, водното дело и управлението на водите, така и към широк кръг читатели.

Г.7.1 Божилова Е., Пл. Нинов, И. Илчева, А. Йорданова. 2021. Стохастично моделиране на оттока на р. Осъм, България (Stochastic modeling of Osam river, Bulgaria), GeoConference SGEM, Section Hydrology & Water Resources, <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s12.41>, ISBN 978-619-7603-24-8 ISBN 978-619-7603-25-5 (DVD) ISSN 1314-2704, 325-332.

Моделирането играе важна роля при анализа на речните системи и тяхното управление. Цел на настоящото изследване е приложение на дизагрегационни модели към данни с възстановен естествен речен отток на р. Осъм, Северна България. Като резултат се получават редове с речен отток с месечна и сезонна дискретизация. Изследва се приложимостта на моделите за специфичните климатични, хидроложки и орографски условия в страната.

Дизагрегационните модели са от семейството на стохастичните модели. Тези модели могат да се разделят на три основни групи: времеви, пространствени и времево-пространствени. Настоящото изследване прилага времеви дизагрегационни модели за генериране на речен отток.

Използвани са два основни модела: оригинален модел на Меджия и Руселе и коригиран разширен модел на Лин при дизагрегация на една стъпка. Обект на моделиране са данни от водосбора на р. Осъм като са използвани данни за 5 станции във водосбора. Генерирани са редове със синтетичен речен отток на месечна основа.

Направено е сравнение между двата модела и е дискутирана разликата между тях. Заключението което се налага е, че и двата модела са подходящи за моделиране на възстановен речен отток в условията на комбинирано подхранване от дъжд и сняг във водосбора на речния басейн. Моделите за дизагрегация са подходящи за специфичните условия на планински и полупланински региони в България. Проверена е тяхната приложимост за водосбори с различни размери: малки, средни и относително големи за територията на България.

Г.7.2 Нинов Пл., Божилова Е. 2021. Определяне на характеристиките на високи води при ненаблюдавани речни басейни с използване на метод на регионализацията (по примера на водосбора на р. Места) (High flows determination at ungauged river stretches using regionalization approach (example Mesta watershed)), GeoConference SGEM, Section Hydrology & Water Resources, <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s12.14>, ISBN 978-619-7603-24-8 ISBN 978-619-7603-25-5 (DVD) ISSN 1314-2704, 107-114.

Характеристиките на високите води се определят най-правилно когато се разполага с директни измервания. При липса на такива е необходимо прилагането на различни хидроложки методи, които дават приемливи резултати. Регионализацията е индиректен хидроложки подход за определяне характеристиките на високите води в ненаблюдавани речни участъци. Обикновено хидротехническите съоръжения и някои други важни икономически човешки активности свързани с използване на водите са основна причина за изследване характеристиките на високите води по реките. Тези характеристики са

абсолютно необходими при оразмеряване на хидротехнически съоръжения, при мероприятия за контрол на наводненията и други.

Приложението на регионализационния подход за специфичен водосбор не е стандартна процедура, а е строго индивидуално изследване, което се основава на статистическа обработка на налични хидроложки измервания в хидрометрични станции на по-големи територии и трансфер на информацията от наблюдавани към ненаблюдавани речни участъци. Създаването на регионални корелации между измерени водни количества и някои характеристики на водосбора, заедно с добро знание за характеристиките на речния басейн, за условията на формиране на високите води във водосбора, както и първичен анализ на качеството на хидроложката информация е от особено значение.

За да се илюстрира приложението на методологичния подход е избран водосбора на река Места. В този водосбор има редица по-малки притоци без хидроложки наблюдения. Настоящото изследване използва база данни с максимален годишен отток, водни количества, които са преминали през хидрометричните станции на Националния институт по хидрология и метеорология в българската част на водосбора на р. Места. Получените регионални зависимости и характеристиките на високите води са с много висок коефициент на корелация, те са стабилни и представителни, и могат да бъдат използвани успешно в практиката.

Г.7.3 Йорданова А., И. Илчева, Е. Божилова. 2021. Приложение на стохастични модели за определяне на наличните водни ресурси при управление на язовири в България (Application of stochastic modeling in determining the available water resource for dam management in BULGARIA). GeoConference SGEM, Section Hydrology & Water Resources, 16-22 August 2021, <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s12.05>, ISBN 978-619-7603-24-8 ISBN 978-619-7603-25-5 (DVD) ISSN 1314-2704, 35-43, Scopus

Водните речни системи са комплексни, вероятностни системи. Първо е необходимо да се направи математическо описание на входните параметри на системата и процеса на изменение на речния отток. С използването на налични данни (в България такива има от 30 до 70 години) е много сложно да бъдат описани последователността от години с висок и нисък отток, както и голямите разлики във вътрешно-годишното разпределение на оттока характерни за съответната водна година. Поради тази причина изследванията, които се базират на директно използване на наличните данни, могат да бъдат използвани със значима грешка на изходните параметри и техните стойности имат малка стабилност.

Използван е метода на Монте Карло, който се базира на статистическите параметри и функциите на разпределението. По този начин по коректно могат да се представят речния отток и водната консумация в генералната популация. Използва се математическо моделиране на дългосрочно симулирани реализации на речния отток и речното водоползване. С използването на балансов метод, реализацията на трансформирания процес, се получава изходно водно количество със статистически обработки на трансформирания процес. Функцията на отговор се характеризира с 1) отток и неговото регулиране, 2) преливащите водни маси, 3) напълване на язовирите, 4) просмукане на водни маси, 5) дефицит, без тези характеристики е невъзможно да се получат оптимални параметри за регулиране.

При планиране и управление на язовири се използват месечни данни за речния отток. В изследването е показан методологичен подход за определяне обемните в язовири от Приложение 1 на водния закон, като се използват моделиране данни за определяне на наличните водни ресурси и прилагане на специфични правила за управление на язовирите с използване на подходящи индикатори за водно управление.

Генерирането на 500 до 1000 годишни поредици на месечни водни обеми е направено с метода на линейната авторегресия и метода на фрагментите. Като се основаваме на получените резултати от реализацията на входа към язовирите може да бъде оценено: необходимите обеми в резервоарите, максималния обем, който може да се предостави за водоползване, управленски функции. Стохастичното моделиране се използва в практиката в редица проекти и от различни институции. Този подход е приложен за значими язовири в България (язовирите Искър, Тополница и др.).

Г.7.4 Божилова Е., Пл. Нинов. 2022. Оценка на минималния отток на р. Тунджа (Minimum river flow estimations – Tundzha river, Bulgarian case study). GeoConference SGEM, Section Hydrology & Water Resources, ISBN 978-619-7603-24-8 ISBN 978-619-7603-25-5 (DVD) ISSN 1314-2704, <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s12.15>, 121-128, Scopus

Речната хидрология е ключов компонент при планирането на речните ресурси и речния инженеринг. Настоящото изследване е фокусирано върху характеристиките на оттока, които най-добре разкриват регистрирания речен режим и хидроложките особености на реките във водосбора на р. Тунджа, Южна България. Режимът на оттока се анализира с използване на 5 характеристики: водно количество, честота, продължителност, поява във времето и реда на промяна. Специално внимание в изследването е обърнато на ниския отток. Тринадесет хидрометрични станции са избрани за анализ като са използвани данни от мониторинговата мрежа на Националния институт по метеорология и хидрология.

Изготвени и анализирани са криви на продължителност и трайност за всички станции във водосбора на Тунджа. Оценява се вероятност на поява (с определена повтаряемост) на различни водни количества. Проведен е честотен анализ на ниския отток. Използвани са и т.н. индекси за/на подземен отток, за да се оцени участието на подземното подхранване (така наречения подземен приток или подземна компонента). Получени са регионални регресионни уравнения за връзката между речния отток и избрана характеристика на речния басейн (площ, средна надморска височина на басейна и др.).

Хидроложкият анализ играе главна роля както за изследване на водните ресурси, така и за анализ на водосбора, изследвания на речните екосистеми и др. Вярваме, че подобни регионални характеристики на речната хидрология могат да помогнат на управляващите водните ресурси в техните ежедневни дейности.

Г.7.5 Нинов Пл., Е. Божилова. 2022. Технологичен подход за определяне на водните ресурси на повърхностните водни тела в басейна на р. Искър (Technological approach for water resources determination in Iskar river water bodies), GeoConference SGEM, Section Hydrology & Water Resources, ISBN 978-619-7603-24-8 ISBN 978-619-7603-25-5 (DVD) ISSN 1314-2704, 185-192, <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s12.23>, Scopus

Основна цел на изследването е да се демонстрира технологичен подход за определяне на водните ресурси на повърхностните водни тела, като се използва сравнително рехавата хидроложка мониторингова мрежа, която не покрива редица от тях (водни тела). Ресурсите на водните тела се формират във водосбора над изследваното водно тяло като се прибавя допълнителния приток в рамките на самото тяло. На практика, оттокът се променя по дължина на водното тяло, но средната годишна стойност на ресурса се специфицира в края на секцията (тялото). Водният ресурс за речните водни тела се

определя с използване на информация от мониторинговата мрежа на НИМХ. За река Искър, оценката се предшества от хидроложки анализ на информацията, избор на референтен период, анализ на хомогенността на данните, подходящи редици от статистическа гледна точка, които да отразяват условията на формиране на речни отток.

Прехвърлянето (трансфер) на информация от наблюдавани речни участъци към ненаблюдавани изисква специфичен хидроложки анализ и методологично решение. В световната практика се прилагат основно два методологични подхода за определяне на речния отток при ненаблюдавани речни участъци: 1. регионализация на характеристиките на оттока (на базата на наблюдавани характеристики на речен басейн) и 2. балансов метод. Някои изследователи предлагат и моделиране на речните басейни. Балансовият метод изисква значително по-голямо количество информация в това число: водното потребление, водоснабдяване, напояване, хидроенергия, управление на язовири, приток към язовирите и др. Много често в практиката част от тази информация или повечето от нея не е налична. Регионализацията на характеристиките на речния отток използва реални измервания в наблюдавани речни течения. В случаите на акумулиране на вода в резервоарите, където на практика речният отток е прекъснат, реално оценката на ресурса може да бъде направена само след получаване на информация от управлението на язовира (когато тази информация е налична, достъпна и достатъчна).

Река Искър е най-големият водосбор в Дунавския басейн на българска територия. В нейния водосбор се намира и столицата гр. София със значими икономически и антропогенни въздействия върху речния отток. В анализа е използвана информация от географски информационни системи за водните тела, предоставена от Министерството на околната среда и водите.

Г.7.6 Нинов Пл., Е. **Божилова**. 2023. Максимален речен отток в Централна Дунавска равнина (Maximum flows of rivers in the Central Danube plain). 23rd SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference 2023. 91-98. ISBN 978-619-7603-58-3 (DVD) ISSN 1314-2704, DOI: 10.5593/sgem2023/3.1/s12.11, Scopus

Представено е регионално изследване за Централна Дунавска равнина. Определени са характеристиките на максималния речен отток при ненаблюдавани речни течения. Речният отток се характеризира с годишна вариабилност на максималните водни количества, която се предизвиква както от климатичните фактори така и от антропогенни въздействия. Често в практиката наличната информация от хидрометричните станции не може да се използва директно в случаите на ненаблюдавани течения. Едно от основните приложения в хидроложките изследвания е пренос или трансфер на информация от наблюдавани речни участъци към ненаблюдавани такива. Изследванията се базират на регистриран речен отток в мониторинговата мрежа на НИМХ.

В анализа са използвани стойности за годишен максимален речен отток (високи води) за периода 1961-2018 г. Базата данни се състои от преминалите абсолютни стойности на максималния речен отток наблюдаван в календарна година за всички хидрометрични станции. За посочения период има пълни времеви редове с максимални годишни водни количества почти за всички станции в страната, което дава възможност на сравнимост на получаваните резултати. Използваният регионализационен подход се базира на корелация между годишен максимален отток към съответната хидрометрична станция и основна характеристика на водосбора (площ, надморска височина и/или др.). Регионалните връзки се получават след задълбочен анализ и оценка. Същите са доказано използвани за определяне на максималния отток в ненаблюдавани участъци на реката. За по-пълноценен анализ при изследването са използвани и замразени станции от хидрометричната мрежа с по-къс период на наблюдение.

Анализът обхваща района на Централна Дунавска равнина, където се намират три от големите водосбори тези на реките: Вит, Осъм и Янтра. Използвана е цялата налична хидроложка информация към хидрометричните станции. Представен е обширен графичен материал и карти за трите водосбора.

Г.7.7 Божилова Е. 2023. Статистически анализи на оттока на р. Янтра (Statistical analysis of Yantra river flow). 23rd SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference. 167-174. DOI: 10.5593/sgem2023/3.1/s12.20, ISBN 978-619-7603-58-3 (DVD) ISSN 1314-2704, Scopus

Проведен е статистически анализ на речния отток на р. Янтра. Основа на анализа е регистрирания речен отток като са определени хидроложките характеристики в поречието. Цел на изследването е ниският отток. Използвани са тринадесет хидрометрични станции разположени във водосбора на реката.

Анализирани са кривите на повторение и трайност за всички станции. От тях може да се получи информация за времето, което даден речен отток е на лице или е превишен (крива на трайност). Някои основни индекси са изчислени за да се даде възможност да се оцени подземния приток (базов отток). Получените резултати показват ясно значимо подхранване на повърхностния отток от подземни води. Времето на случване/поява на минималния дневен речен отток в месеца е получено от базата данни и стойностите са анализирани. Минималният дневен речен отток има най-голяма честота през четирите летни месеци, на второ място идват зимните месеци. При анализа се работи с три сезона от по четири месеца в хидроложка година с начало 1 ноември.

Използван е честотен анализ. Изчислени са вероятностите на поява на речен отток с определена обезпеченост. Използван е регионален регресионен анализ. Анализът показват, че повечето от реките във водосбора на река Янтра имат сходно поведение и характер при нисък отток.

Изследването е фокусирано върху хидроложките характеристики, които най-добре разкриват режима на реката. Хидроложките изследвания са основа за последващи изследвания в областта на околната среда. Ниският отток е от ключово значение при анализа и определянето на минимален отток и т.н. екологичен отток.

Г.7.8 Божилова Е. 2024. Приложение на методологията за екологичен отток към басейна на р. Янтра (Application of Methodology for Ecological Flow for Yantra River Basin in Bulgaria) – Journal of Balkan Ecology, Vol. 27, № 1, 2024. ISSN 1311-0527 (Print) ISSN 2815-3758 (Online). 67-78 (W/S)

Г.7.9 Божилова Е. 2024. Методологията за екологичен отток приложена към басейна на р. Тунджа (Methodology for Ecological Flow Applied to Tundzha Watershed in Bulgaria) – Journal of Balkan Ecology, Vol. 27, № 1, 2024. ISSN 1311-0527 (Print) ISSN 2815-3758 (Online). 79-88 (W/S)

От МОСВ е подадена методика на Световната банка за определяне на екологичен отток с искане да бъде проверена нейната приложимост за условията на България. Проведено е изследване за определяне на екологичен отток към местата на водовземане подадени от МОСВ. Направено е изследване на месечния отток във водосборите на р. Янтра, Дунавски район и р. Тунджа, Източно-беломорски район за басейново управление. Използвани са основните речни индикатори, които разкриват речния режим и хидроложките характеристики на басейните. Получени са пространствени връзки между

индикатори на речния отток и избрани физикогеографски параметри характеризиращи съответния басейн.

Използван е регистриран месечен речен отток в хидрометричните станции в басейните на реките Янтра и Тунджа за референтен период 1981-2019 г. Съобразно методиката предложена от Световната банка годината се разделя на три сезона по водност. Обикновено всеки от трите сезона е с по четири месеца продължителност (като това не е задължително, а зависи от конкретните условия). Определени са регионални пространствени зависимости за три „сезона“ по водност: сезон с висока водност, сезон със средна възраст и сезон с ниска водност. Изследването е проведено за двете поречия.

Получените пространствени връзки (в графичен и математически формат) са анализирани и се дискутира тяхното приложение. Резултати са предоставени на вземащите решения за управление на водите.

Г.7.10 Ранкова М., Е. Божилова, Б. Вучков, Пл. Ангелов, Р. Иванова. 2024. Сравнение на резултатите по предложена методика за екологичен отток и определянето на същия по сега действащото законодателство, по примера на р. Искър. (Comparison of the results obtained by the proposed methodology for environmental runoff with those calculated under current regulation), GeoConference 2024 - SGEM 2024, DOI 10.5593/sgem2024/3.1/s12.09, ISSN 1314-2704 ISBN 978-619-7603-70-5

В условията на климатични промени, засушаване и недостиг на вода естествената функция на речните системи зависи до голяма степен от правилното разпределение на водните ресурси. Правилното определяне на хидроложките характеристики е от основно значение за устойчиво управление на водните ресурси и предлага информация за статута и потенциалните възможности на речните системи. Управлението на водите трябва да се направи по начин, който да помогне както на икономиката, така и да предложи мерки за осигуряване на количествени и качествени характеристики за речната флора и фауна. По същество консумацията на вода не трябва да надхвърля определен лимит така наречени екологичен отток.

Цел на изследването е определяне на хидроложките характеристики на база на методология за екологичен отток за водосбора на р. Искър. В условията на България съобразно действащото законодателство, получените резултати дават възможност за правилно определяне и вземане на решение като се осигури вода в реката за речните екосистеми. Съобразно текущите законови разпоредби средно годишен и минимален месечен речен отток е използван при изследването за прилагане на методиката. Оценките се базират на средни месечни стойности групирани по три типа на водност. Препоръчително е да се работи с хидроложки и стандартни статистически методи за определяне на екологичния отток на база на минимална хидроекологична информация.

Г.7.11 Божилова Е. Б. Вучков, М. Ранкова, Пл. Ангелов, Р. Иванова. 2024. Относно приложимостта на методиката за екологичен отток за пилотен басейн в Северна България, Дунавски водосбор (About the applicability of ecological flow methodology for pilot drainage areas in Danube river basin directorate in Bulgaria), SGEM 2024, Scopus, DOI 10.5593/sgem2024/3.1/s12.02, ISSN 1314-2704 ISBN 978-619-7603-70-5

Анализирани са месечни редове с речен отток за водосбори в Дунавския басейн: Огоста, Искър, Янтра, Русенски Лом избрани като пилотни басейни. Статията разисква определянето на екологичен отток за повърхностните водоземания в поречието на р. Огоста и западно от нея. Месечният речен отток се характеризира с годишна

изменчивост, която се дължи както на климатичните фактори, така и на антропогенното въздействие. Често информацията от хидрометричните станции не може директно да се използват за трансфер или прехвърляне от наблюдавани към ненаблюдавани речни участъци. Поради тази причина са получени регионални връзки между речния отток и характеристики на басейните.

Използван е референтен период на наблюдение 1981-2019 г. като са изчислени основните характеристики на оттока за него. Редовете с данни за периода позволяват сравнимост на получаваните резултати. Очертани са три сезони по водност: сезон с висока водност, средна и ниска водност. В статията е представен графичен материал и карти с хидроложките зони и регионалните връзки. Изследванията са продиктувани от необходимостта за определяне на екологичен отток за нуждите на Министерството на околната среда и водите.

Г.7.12 Йорданова А., И. Илчева, Е. Божилова, О. Нитчева, Й. Димитров. 2024. Приложение на ARMA моделите за прогнозиране на речния отток и определяне на индекс SRI при управлението на язовири (ARMA models application for forecasting of the river discharge and the hydrological drought index SRI in dams management). GeoConference SGEM 2024, DOI 10.5593/sgem2024/3.1/s12.04, ISSN 1314-2704 ISBN 978-619-7603-70-5

Възпроизвеждането на хидроложкия процес на речния отток е основна част от планирането и управлението на водните ресурси. Намирането на математически модел за възпроизвеждането на времевия ред за оттока цели не само максимално извличане на информация от ограничените налични данни, но и чрез представително генериране на историческия процес на оттока да се извърши екстраполация в бъдещето. Почти всички управленчески решения се базират на прогнози. Настоящото ни се характеризира с все по-честата поява на хидрометеорологични процеси, които водят до внезапни наводнения и критични засушавания. Речният отток като основен елемент на водностопанските системи трябва да бъде възможно най-добре анализиран и обоснован, така че прогнозните му стойности да са с приемлива точност за практическо приложение на водното стопанство.

Съществуват два подхода за прогнозиране: прогноза в реално време и прогноза чрез времеви редове от наблюдения. Тук е представен стохастически метод, използван при втория подход. Методът използва най-прилагания клас модели за прогнозиране на времеви редове - ARMA моделите. Показано е приложението им при прогнозиране на един от основните индикатори за появата на хидроложка суша. Това е SRI индексът, т.е. стандартизираното нормално значение от вероятностното разпределение на реда от месечните наблюдения за речния отток. Речният отток е нестационарен процес. ARIMA са тези ARMA модели, които трансформират чрез диференциране времевите редове на речния отток в „стационарни“.

Методът е приложен за 43-годишен период от месечни наблюдения на оттока за приток от поречието на р. Огоста. С ARIMA модел се прогнозира оттока за следващите няколко месеца и чрез него се изчисляват прогнозните месечни стойности на индекса SRI. Изследвана е точността на резултатите. Разработеният метод дава възможност за прогнозиране на хидроложкото засушаване и може да намери приложение при оптимизация режимите на язовири с хидроенергийно, напоително, водоснабдително и екологично предназначение.

Г.7.13 Божилова Е. 2025. Определяне на водните ресурси на повърхностните водни тела във водосбора на р. Янтра (Water Resources Determination in Yantra River Water Bodies -

Technological Approach). JBE, Vol.28, No.3, 2025, 229-306, (W/S) ISSN 1311-0527 (Print), ISSN 2815-3758 (Online)

Определени са водните ресурси на повърхностните водни тела във водосбора на р. Янтра. Анализирани са годишният речен отток във водосбора и са изчислени основни характеристики на оттока. Периодът на анализ обхваща климатичния период 1991-2020 г. по искане на МОСВ. Климатичният период не е представителен при определяне на водните ресурси на повърхностните водни тела, тъй като той не е съобразен с продължителността и особеностите на хидроложките цикли.

Във водосбора на р. Янтра са обособени четиресет и осем повърхностни водни тела. Повърхностните водни тела във водосбора са от: тип R7 големи притоци на р. Дунав, тип R8 средни и малки притоци на р. Дунав както и тип R2 планински притоци и тип R4 полу-планински притоци в екорегия 12. Повърхностни водни тела тип L12, L11 и L2 са от тип езера.

Използвани са основните хидрометрични станции във водосбора. Приложен е регионален регресионен анализ и са получени пространствени връзки, които са представени в графична и математическа форма. Резултатите от настоящото изследване са обобщени и предоставени за нуждите на Министерството на околната среда и водите в тяхната ежедневна практика.

Г.8.1 Божилова Е. 2024. Оценка на хидроложките характеристики на язовирите в поречието на р. Янтра. *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology, Online. Volume 28, Number 1, (2024 in Bulgarian)*

Оценени са хидроложките характеристики (приток) от собствен водосбор на язовири в поречието на р. Янтра включени в Приложение 1 към Закона за водите. Формирани са две бази данни: със средно многогодишен речен отток и минимални средномесечни водни количества за референтен период 1981-2019 г.

Основна задача при хидроложките изследвания е прехвърляне на информацията от наблюдавани речни участъци към ненаблюдавани такива. Често липсва или се разполага с частична и в повечето случаи непредставителна информация за водните обекти, както в рамките на водосборите, така и при трансфер на води между тях.

Обработени са данните от информационната хидроложка база данни. Анализирани са средно-многогодишни водни количества и при наличие данни за минимално средно месечно водно количество (с 95% обезпеченост). Приложен е регионализационен подход като са използвани регистрирани наблюдения в хидрометричните станции от мониторинговата наблюдателната мрежа на НИМХ. Извършени са хидроложки анализи и обосновки като е направена регионализация за оценка на хидроложките характеристики (приток) от собствен водосбор на язовирите: „Ал. Стамболийски“, „Йовковци“, „Ястребино“ и „Хр. Смирненски“ от водосбора на р. Янтра (от Приложение 1 към Закона за водите).

Определените водни количества отразяват реално формирания отток към съответните створове при наличие на различни видове антропогенни въздействия, отразени при измерванията в съществуващите хидрометрични станции. Получените резултати, съответстват на състоянието на оттокоформиращия комплекс за референтния период.

Г.9.1 Глава от монография: Променящият се климат на България – данни и анализи под редакцията на проф. Таня Маринова и доц. Лилия Бочева, 2023. ISBN 978-954-90537-3-

Анализиран е речния отток в многогодишен аспект. Изследвана е вътрешногодишната изменчивост на оттока. Разгледан е отточния режим на повърхностните води като дъждовен и дъждовно-снежен – с максимум през пролетта (поради значителното количество на валежите през този сезон и снеготопенето) и минимум през лятото, който най-често е в периода август-септември. Човешката дейност, свързана с използването на водните ресурси и изграждането на хидротехнически съоръжения, значително нарушава естествения режим на водните източници. Промените в речния отток на територията на България се установяват след 60-те години на миналия век с развитието на мащабно хидротехническо строителство.

Развитието на методите и технологията за количествена оценка на ресурсите от пресни води за територията на страната е важна задача, свързана с оценката и ефективното управление на водните ресурси. Изследването на пространствената хомогенност, еднородност и повтораемост на редиците от хидроложки и метеорологични данни е от съществено значение за получаване на стабилни и устойчиви статистически оценки. Интерес представляват разпределенията на редиците на средногодишните водни количества, които са в основата на ресурсните оценки. Пространствената хомогенност е показател за синхронността, с която се реализират времевите колебания на речния отток в отделните поречия и за страната като цяло. Класификацията на годините като сухи, средни и влажни е свързана с водостопанската практика. Тази класификация се изготвя, като за редицата от годишни ресурсни оценки се определят прагове (33% и 66% емпирични квантили), спрямо които се класифицира всяка следваща година. Друга важна особеност е устойчивостта на класификацията на екстремните сухи и влажни години, която потвърждава факта, че при сравнително големи периоди от време, като година и повече, екстремните явления не могат да бъдат локални, а обхващат територията на цели райони или цялата страна.

Годишните стойности на ресурса от повърхностни води в България се изменят в много голям диапазон – от $6.41 \times 10^9 \text{ m}^3$ през 1994 г. до $32.37 \times 10^9 \text{ m}^3$ през 2005 г. Многогодишната средна стойност на оттока за периода 1961–2022 г. е $17.67 \times 10^9 \text{ m}^3$, а определените норми са съответно: $18.46 \times 10^9 \text{ m}^3$ (1961–1990 г.) и $16.96 \times 10^9 \text{ m}^3$ (1991–2020 г.). При настоящото изследване е избран периодът след 1961 г., когато са установени регулярни наблюдения на речния отток и е достигната оптимална гъстота на мрежата от хидрометрични станции.

Анализът на ходографа на годишните обеми на повърхностния отток показва, че до 1984 г. годишният ресурс е около и над многогодишната средна стойност, след което намалява значително до 1993–1994 г., а през следващите 25 години се редуват много влажни и сухи години. Трендът за периода 1961–2020 г. е негативен. Разделянето на хидроложките редици по характерни типове години дава възможност за определяне на параметрите на оттока по време на влажни, средни и сухи периоди. За оценка на изменението на ресурса е направено сравнение с нормите за периодите 1961–1990 г. и 1991–2020 г. Средните и много влажните години преобладават в периода 1961–1984 г., който е последван от продължително засушаване – до 1994 г. През следващия период се редуват много влажни (1998, 2005, 2006, 2010, 2014, 2015, 2018), средни и сухи (2000, 2001, 2011, 2019, 2020, 2022) години.