

СПРАВКА ЗА НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ НА ДИМИТЪР ИВАНОВ ТРУХЧЕВ

1. Развитие на методите за числена диагноза и прогноза на основните хидрофизични полета на басейна на Черно море, вкл. на отделни негови акватории, както и на някои други регионални морета (най-вече Каспийско):

1.1. Усъвършенстване на физическата пълнота на моделите – чрез приложения списък на работи исторически се проследява развитието на моделите в региона: а) *според степента на тяхната хидродинамична пълнота* - от геострофни ^[2-7] до нелинейни, 3-мерни, основани на пълната система примитивни уравнения на геофизичната хидродинамика ^[8, 13, 25, 29]; б) *от диагностични* ^[3, 4, 7, 20, 29] – към *еволюционни* (прогностични) ^[9, 17, 25, 29, 46, 47], с които са реконструирани различни синоптични ситуации и сезонният ход на физичните характеристики на горния активен слой на Черно море ^[7, 12, 15-17, 22, 25-26, 29, 31, 33, 35-36, 38-40, 42-44, 47, 51-52, 54, 58], и до *оперативни* (в мащаб на реално време), прилагани експериментално за Бургаския залив ^[51], вкл. и като част от йерархичен модел за прогноза на Черно море за времеви мащаби, близки до реалните ^[55-56]; в) *прилагането на различни параметризации* на подмрежовите процеси и процесите на обмен и дифузия, както и на процесите на ледообразуване ^[25, 29, 54]; г) постоянно подобряване на пространственото разделение на моделите - построени са нелинейни модели със средно разрешение за Черно и Каспийско море, и вихреразрешаващи - за отделни акватории (напр. Бургаския залив, където стъпката по хоризонтала е 500 m) ^[25, 29, 47, 51-52, 54-56]. Разработена е методика за реконструкция на полето на морските течения по данни от измервания на температурата и солеността на морската вода и за динамична инициализация на хидрофизичните полета, (наречена в отличие от метеорологията „адаптация” или „полудиагностични пресмятания”), с която се филтрира входният шум, съдържащ се в измерените полета, чрез числено решаване на примитивните уравнения за движение ^[8, 15, 20-21, 25, 31, 39, 42-43, 48, 54].

1.2. Развитие и усъвършенстване на математическия апарат, прилаган за численото решаване на моделите ^[3, 5, 10, 20, 24-25, 29, 47, 51, 55-56]. От самото начало на изследванията се отстоява и методично се развива идеята на акад. А.С. Саркисян за използването на нивото на океана като интегрална функция на изходната система уравнения (вместо аномалията на налягането на дъното на басейна). Във всички представени числени решения неизвестните функции за компонентите на скоростта на морските течения се намират именно чрез тази функцията. За целта са построени съответното уравнение за нивото в диференциална и разликова форма и числени апроксимации за различни гранични задачи от 1 и 2 ред, позволяващи използването на явни и неявни схеми за уравненията за движение ^[20, 27, 29, 54]. (След 90-те години на миналия век тази методика беше тотално възприета и от западните школи за моделиране на динамиката на океана, което облекчава възможностите за директно усвояване на алтиметричните данни в съвременните модели). Паралелно е усъвършенствана и методиката за задаване на граничните условия в моделите върху „откритите граници” ^[47, 51, 55-56].

1.3. Създаване на модел на средни мащаби за динамиката на водите в Каспийско море и възпроизвеждане на сезонната изменчивост на неговите термо-хидродинамични полета – описаните в ^[41, 45, 48, 54] числени експерименти представят първия съвременен модел на теченията в този басейн (немногочислените предишни пресмятания се основават на прости линейни модели). Характерна особеност на новите числени разчети е „усвояването” на максимално пълен климатичен масив от хидрологични данни, построен и с нашето активно участие по време на съвместни изследвания в Москва през 1993-1994 г.;

1.4. Пресмятанията за Бургаския залив с усвояване на регулярни данни от метеонаблюденията са основа за създаването на оперативен модел за краткосрочни прогнози на основните хидрофизични полета, на полетата на концентрации на примеси и на състоянието на екосистемата на западната част от Черно море ^[51-52, 54-56].

Разработеният апарат за хидродинамическо съгласуване и еволюция е приложен за изследване на климатическата циркулация на водите на Черно и Каспийско море.

Представените методи са насочени преди всичко за решаването на практически задачи, свързани с анализа на данни от наблюдения: общата методология на всички изследвания е синтеза между числени хидродинамически модели и данни от наблюдение. Разработените модели на хидродинамиката и за динамическото разпространение на примеси позволяват постановката на числени експерименти по чувствителността на динамиката на водите в басейните към различни естествени и антропогенни въздействия и да се получават експертни оценки за широк кръг от въпроси, свързани с природата на изменчивостта на циркулацията и охраната на околната среда.

2. Развитие на методите за числено пресмятане на полето на замърсител в морска среда – на основата на полуемпиричното уравнение на турбулентната дифузия и с използване на числено реконструирани полета на морските течения са реализирани числени решения на правата и спрегната дифузионна задача, разгледани са различни типове на граничната задача, изведени са редица интегрални характеристики на полето на замърсители с важно приложно значение. Проведени са серии от конкретни пресмятания за различни акватории и басейни, някои от които са за конкретни практически проблеми [14, 18, 23, 28-30, 49, 52, 54]

3. Резултатите от океанографския анализ на пресметнатите полета внасят съществен принос за разбиране на термо-хидродинамическите процеси в Черно и Каспийско море. Получена е нова, подробна информация за структурата на теченията в двата басейна, детайлизирана за западната част на Черно море, установена е важната роля на полето на вятъра, на бароклинните и топогенните ефекти. За пръв път е показана хидродинамична оценка на антропогенното въздействие при изпълнението на крупни строителни работи в акваторията на Бургаския залив [52, 54]. Представените карти на разпределенията на динамическите характеристики на Черно и Каспийско морета и резултатите от диагностическия анализ на теченията в западната част на българското крайбрежие са необходими за решаването на редица приложни задачи, напр. за моделиране на вътрешно-годишния ход на полетата на концентрациите на сероводорода и кислорода в Черно море, в т. ч. сезонната еволюция на слоя на тяхното съвместно съществуване [23, 54].

3.1. Чрез метода на хидродинамическата адаптация е реконструирана климатическата ежемесечна циркулация на водите на Черно и Каспийско морета, получени са взаимно съгласувани 3-мерни разпределения на температурата, солеността и теченията, изведени са редица важни особености на техните разпределения, вкл. на вихровата им структура. На тази основа са изградени хипотези за характера на движенията в тях, за формирането и сезонната динамика на студения междинен слой в Черно море [32, 36, 39, 42-44]. За Основното черноморско течение (ОЧТ) се потвърждава съществуването през цялата година на западния и източния циклонален кръговрат; същевременно то не се проявява като стабилно течение, което тече регулярно в края на шелфа и над континенталния склон. ОЧТ е най-интензивно и устойчиво през зимния сезон; интензификацията се съпровожда от усилване на градиентите на плътността между шелфовите и дълбоководните райони, което осигурява устойчивостта на теченията. Установено е съществуването на положителна обратна връзка между градиента на плътността в зоната “дълбоко море–шелф” и издигането на водите в центровете на циклоналните кръговрати. В летния сезон, заедно с отслабването на интензивността на ОЧТ, в източния подбасейн се появява Батумският антициклонален вихър.

Чрез прилагането на адаптационната методика за Каспийско море е изведена първата съвременна схема на общата циркулация [41] на водите и особеностите на вътрешно-годишната климатична изменчивост. Показано е, че динамиката на теченията се определя от редица фактори, най-важните от които са: дрейфовите течения и тяхното взаимодействие с топографията на дъното; хоризонталният, а също така вертикалният пренос на водни маси; локалните потоци на топлина през

повърхността на морето. Процесите на *upwelling* и *downwelling*, предизвикани от особеностите в разпределенията на полето на вятъра, водят до локални аномалии в потоците топлина ^[48]. За Черно море резултатите за полетата на теченията, температурата и солеността на морската вода от повърхността до дъното за различни месеци/сезони, са оформени в атлас ^[31], издаден в престижния океанографски институт в Уудсхол (САЩ). По време на тяхното получаване редица от пресметнатите полета за теченията, температурата и солеността са били първи или сред първите по рода си на подобни пространствени и времеви мащаби;

3.2. За западната част на Черно море: изказаната още с първите числени пресмятания ^[1, 4, 7, 12, 16-17, 22, 29, 47, 50] хипотеза за вихровия характер на теченията (в период, в който се анализират началните резултати и се оформят представите за вихровите системи в Световния океан), е потвърдена малко по-късно от някои наши експериментални измервания ^[17, 47, 50], а впоследствие – доказана най-вече с развитието на методите на дистанционните наблюдения, експерименталните наблюдения и числените разчети в други акватории на басейна или за цялото море и от други автори.

4. **Резултати от океанографски изследвания в различни акватории на западната част на Черно море.** Получена е нова, подробна информация за структурата на теченията в западната част на Черно море:

4.1. за западната част на шелфа и прилежащия континентален склон: обобщаващият анализ ^[47] на моделните разчети и океанографските наблюдения, проведени на полигона «Дифузия'84» показва, че в този район полетата на теченията, T и S имат развита вихрова структура. За две хидрологични снимки през юни 1984 г. схемите на теченията се оказват качествено близки: циклонален вихър с диаметър 8-10 мили край брега и антициклонален – откъм страната на морето; отделят се крайбрежна зона на сравнително слаби течения и морска, със силно изразена динамика (скорости ~ 50 cm/s). Характерът на основните течения се изменя слабо с дълбочината: основната, най-развита схема (антициклонална) и в двете снимки е баротропизирана и обхваща целия воден стълб от повърхността до дъното (с дълбочини до 150 m). Установена е важната роля на ветровия фактор. Въздействието на притока от р. Камчия има твърде локален характер и се забелязва само в тясната крайбрежна ивица покрай брега, разпространява се по посока на вятъра в района непосредствено пред самото устия и затихва в дълбочина до горната граница на сезонния термоклин. Тези резултати се съгласуват с изводите ^[59-61], направени от няколко океанографски експедиции в периода 2008 – 2010 г. в акваторията, прилежаща на устието на най-голямата българска река, вливаща се в Черно море. Това са първите комплексни изследвания в региона, които показват влиянието на динамиката и хидрологичните особености върху разпределението на основни хидрохимични показатели и позволяват да се дефинира „буферна зона“, в която протича основната трансформация на речните води и смесването им с морските.

4.2. За първи път за Бургаския залив - най-обширният в западната част на Черно море е построен 3-мерен нелинеен термо-хидродинамичен модел и е получена хидродинамична оценка на антропогенното въздействие при депониране на строителни отпадъци в акваторията му. Установено е, че циркулацията в залива има основно вихрови характер и много бърза реакция на динамиката от измененията на вятъра. Проведена е типизация на характерните динамични образувания в зависимост от вятъра, показано е развитието на локални вихрови образувания, подповърхностни компенсирани противотечения, процеси на *upwelling* и *downwelling*, реконструирани са месечните климатически разпределения на теченията, които са най-интензивни през есента и зимата.

Получените числени и експериментални резултати според нас внасят съществен принос за разбиране на термо-хидродинамическите процеси в посочените два басейна. Много от представените изследвания, включително адаптационните пресмятания на полигона “Камчия”, в Бургаския залив и в Каспийско море бяха изпълнени за първи път.