

А.С.Кузнецов, В.В.Зима

*Морской гидрофизический институт РАН, г.Севастополь***РАЗВИТИЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ЧЕРНОМОРСКОГО ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА В 2001 – 2015 ГГ.**

Обобщен опыт восстановления и развития инфраструктуры Черноморского гидрофизического полигона в 2001 – 2015 гг. в рамках научного направления по прибрежным исследованиям Морского гидрофизического института под руководством академика В.А.Иванова. Сформирована многоуровневая морская наблюдательная система в составе ряда подсистем контактного мониторинга гидрометеорологической обстановки, гидрофизического состояния прибрежных водных масс и динамики прибрежных вод. Создана система сбора и оперативной передачи информации и сформирована субрегиональная база данных, материалы которой доступны для использования и представляют интерес в связи с актуальностью дальнейшего перспективного развития полигона. Представлены научные результаты по исследованию некоторых особенностей прибрежной циркуляции вод. Исследована структура и изменчивость квазистационарного прибрежного течения у Южного берега Крыма, а также природа и особенности бимодального распределения направлений течения у м.Кикинеиз.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Черноморский гидрофизический полигон, морская наблюдательная система, прибрежное течение, разномасштабная динамика вод*

doi: 10.22449/2413-5577-2019-4-62-72

**Введение.** Первая в мире морская гидрофизическая станция была основана академиком В.В.Шулейкиным на Южном берегу Крыма (ЮБК) по решению Ялтинского Райисполкома от 10 апреля 1929 г. о предоставлении здания в поселке Качивели для развертывания в нем работ Черноморской гидрофизической станции (ЧГС). С июня 1929 г. ЧГС начала свою работу, что позволило непрерывно, круглый год, а не эпизодически, исследовать природные процессы и явления в натуральных морских условиях. В 1933 г. Ялтинский Райисполком передал в распоряжения ЧГС все здания на территории Качивели. По распоряжению Совет Министров СССР от 15 мая 1948 г. № 5843-р ЧГС была переименована в Черноморское отделение в составе Морского гидрофизического института (МГИ) АН СССР, в январе 1981 г. – в Экспериментальное отделение (ЭО) МГИ АН Украинской ССР, а в дальнейшем – в ЭО МГИ Национальной академии наук Украины (НАНУ).

Постановлением Государственного Совета Республики Крым № 2042-6/14 от 11 апреля 2014 г. ЭО МГИ НАНУ было национализировано в собственность Республики Крым (РК). Приказом Министерства образования, науки и молодежи РК № 287 от 19 ноября 2014 г. наименование отделения было изменено на Государственное бюджетное научное учреждение РК «Черноморский гидрофизический полигон» (ЧГП).

Во исполнение положений Федерального конституционного закона

© А.С.Кузнецов, В.В.Зима, 2019

*Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. вып.4. С.62-72.*

№ 6-ФЗК от 21 марта 2014 г. «О принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образовании в составе Российской Федерации новых субъектов – Республики Крым и города федерального значения Севастополя» по распоряжению Правительства Российской Федерации (РФ) № 1743-р от 7 сентября 2015 г. ЧГП был передан в ведение Российской академии наук (РАН) под наименованием Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Черноморский гидрофизический полигон РАН». В июне 2019 г. полигон вошел в состав Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН».

**Суть и пути решения проблемы.** В 90-е гг. прошлого столетия из-за сложившихся обстоятельств в период разрушительных штормов в открытом море был утрачен ряд элементов кластера стационарных свайных и заякоренной полупогружаемой океанографических платформ и частично разрушена прибрежная инфраструктура полигона. Отсутствие в те годы денежных средств не позволило руководству оперативно принять меры по восстановлению инфраструктуры полигона и замены устаревшего научного оборудования, что количественно и качественно снизило уровень проведения натурных исследований на морском полигоне и стационарной океанографической платформе (СОП) у мыса Кикинеиз ЮБК.

В настоящей работе обобщен опыт восстановления и развития инфраструктуры Черноморского гидрофизического полигона в последующий период (2001 – 2015 гг.) и представлены основные результаты научных исследований. На протяжении 90-летней истории своего существования при трансформации наименования от «Черноморская гидрофизическая станция» до «Черноморский гидрофизический полигон» учреждение, по сути, всегда оставалось экспериментальной базой МГИ, обеспечивая научные отделы института данными натурных наблюдений. Новые преобразования и развитие ЧГП были начаты в 2001 г. при тесном сотрудничестве с отделом гидрофизики шельфа (ОГШ) в рамках развития научного направления МГИ по прибрежным исследованиям, которое инициировал и возглавил директор МГИ (2000 – 2014 гг.) академик В.А.Иванов. В 2002 г. была разработана и начата реализация утвержденной план-программы развития совместных экспедиционных исследований на СОП в Кацивели (шифр «СОПКА») с целью развития научно-технической базы оперативной океанографии в зоне рекреации, промысла и основного транспортного коридора у ЮБК. Из-за отсутствия целевого финансирования для восстановления инфраструктуры берегового комплекса и СОП ремонтно-восстановительные работы, начиная с 2001 г., выполнялись поэтапно по мере накопления собственных хозрасчетных денежных средств, получаемых ЧГП в рамках уставной деятельности. В 2003 г. после капитального ремонта были полностью восстановлены подходы и разрушенное помещение западного берегового поста измерения уровня моря с поплавковым мареографом СУМ, расположенное у приборной скалы, и модернизировано его оборудование. В 2006 – 2007 гг. был завершен капитальный ремонт частично разрушенных гидротехнических сооружений и тельферной эстакады причала № 102 в Голубом заливе. По завершению затратной разработки технического задания и конструкторской

документации на выполнение капитального ремонта СОП в установленном порядке была выполнена экспертиза проекта и получено разрешение на проведение ремонтно-восстановительных работ. Были заменены береговые электрические сети и специальный силовой трансформатор, переложены подводные силовые кабели протяженностью 700 м к СОП по дну Голубого залива. Закуплено новое научное оборудование, включая гидрометеорологическую станцию, эхолоты и системы *GPS*-позиционирования, двигательную установку для маломерного исследовательского судна полигона. В 2009 г. был завершен капитальный ремонт фундаментальных опор подвешенного блока, его палуб и ограждений, что позволяет в установленном порядке эксплуатировать СОП до настоящего времени непрерывно в условиях открытого моря. С 2008 по 2012 гг. с целью расширения экспедиционных возможностей на служебной территории ЧПП было выполнено строительство и реконструкция двух новых многокомнатных одноэтажных служебных зданий, а также четырех экспедиционных павильонов со всеми удобствами.

В 2003 г. в помещении восточного берегового поста на причале № 102 была установлена и введена в эксплуатацию *MedGLOSS* станция уровня моря нового поколения в составе единой европейской сети наблюдений *CIESM&IOC/UNESCO*. Это событие послужило началом создания в ЧПП субрегиональной морской информационно-аналитической системы с центральной рабочей станцией, набором приемо-передающих модулей для доступа по кабельным, телефонным и радиоволновым линиям связи к распределенной технической сети измерительных комплексов. При этом была сформирована локальная сеть полигона с возможностями оперативного обмена информацией через глобальную сеть *Internet* и представления информационной продукции пользователям МГИ. После модернизации с 2010 г. *MedGLOSS* станция уровня моря «Кацивели» была включена в состав Европейской системы оповещения и раннего выявления катастрофических поверхностных волн (проект *ICG/NEAMTWS – Tide-gauge station network for NEAMTWS Initial Tsunami Warning System*).

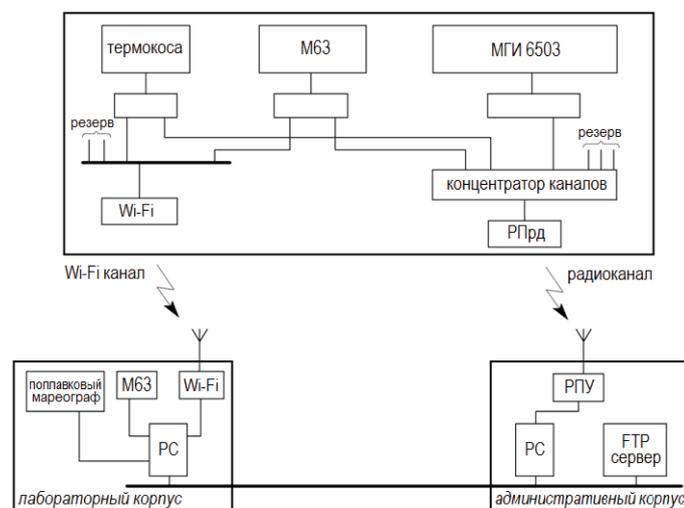
Дальнейшее развитие в ЧПП системы сбора и оперативной передачи информации стало возможным благодаря внедрению серии новых разработок ОГШ. Была организована передача информации с СОП по беспроводному каналу связи на центральную рабочую станцию, расположенную в административном корпусе ЧПП. С этой целью в ОГШ разработан комплект аппаратуры, состоящий из концентратора каналов (КК) радиопередающего устройства (РПрд) с усилителем мощности и антенной типа «волновой канал». В качестве беспроводного канала связи был выбран радиоканал на частоте 400 МГц. В административном корпусе находится береговое приемное устройство (РПУ) с ненаправленной штыревой антенной. КК выполнен в виде микропроцессорного устройства, основной функцией которого является прием информации, поступающей асинхронно от измерительных комплексов, установленных на СОП, и формирование общего информационного кадра для передачи его по радиоканалу. С 2005 г. по радиоканалу передается информация от анеморумбометра М63, метеокомплекса МГИ 6503, термокосы, а также специальные служебные характеристики. С 2006 г. в лабораторном корпусе ЧПП по кабельной линии связи осуществляется при-

ем информации от берегового анеморумбометра М63 и, после доработки ОГШ, поплавкового мареографа СУМ, размещенном в восстановленном западном береговом посту. В 2009 г. ОГШ были начаты работы по использованию локальной сети *Ethernet* для передачи информации с использованием адаптеров фирмы Моха с целью надежного подключения измерителей к сети. В 2011 г. был организован резервный канал беспроводной связи между СОП и лабораторным корпусом на базе *Wi-Fi* – моста, который работает в диапазоне 5 ГГц в стандарте 802.11.

В результате совместно выполненных работ в административный корпус ЧПП информация поступает от СОП по радиоканалу, а из лабораторного корпуса – по локальной сети связи *Internet*. В лабораторный корпус информация поступает от береговых комплексов по кабельной линии связи, а от СОП – по *Wi-Fi* каналу. Прием и накопление информации осуществляется на береговых специализированных стендах на базе персональных компьютеров (*PC*), подключенных к локальной сети связи ЧПП. Доступ пользователей к этой информации осуществляется с помощью стандартных программ удаленного доступа. В сокращенном виде эта информация ежедневно передается на *FTP*-сервер. На рисунке представлена структурная схема морской информационно-аналитической системы сбора и оперативной передачи информации на полигоне.

Опыт эксплуатации этой схемы передачи информации в реальных условиях показал ее высокую работоспособность и надежность. С целью исключения принципиальных возможностей потери информации при передаче на СОП непосредственно у измерителей дополнительно установлены автономные накопители информации типа *DataLogger*, обеспечивая параллельную запись информации, передаваемой по каналам связи.

В результате эффективного сотрудничества ЧПП и ОГШ была сформирована, введена в эксплуатацию и модифицирована субрегиональная морская система сбора, обработки, хранения и обмена данными [1] в сети Гло-



Р и с. Структурная схема системы сбора и оперативной передачи информации на полигоне.

бальной наблюдательной системы Черного моря в рамках международного проекта *Black Sea GOOS*. Непрерывное функционирование интегрированной системы наблюдений у ЮБК инициировало формирование и оперативное пополнение субрегиональной тематической базы данных ЧГП [2].

Одним из основных направлений развития научных исследований ЧГП является разработка и внедрение новых перспективных информационных технологий контроля состояния и изменчивости среды прибрежного экотона. Наличие в ЧГП больших объемов многолетних архивных данных наблюдений с регистрацией на бумажных носителях (диаграммных лентах самописцев) ускорило разработку современной компьютерной технологии для автоматизации усвоения данных самопишущих измерительных приборов [3]. Формирование и ведение информационных ресурсов позволило оперативно усваивать и анализировать натурные данные, полученные в реальном масштабе времени, а также актуализировать в цифровом электронном виде архивные данные измерителей на бумажных носителях с последующим занесением в субрегиональную базу данных ЧГП. Накопленные материалы базы данных доступны для использования и представляют интерес в связи с актуальностью дальнейшего перспективного развития полигона в рамках проектов РАН и других заинтересованных министерств и ведомств РФ.

Разработана и внедрена в практику экспедиционных исследований перспективная информационная технология исследования динамики прибрежных течений как совокупность специальных измерительных комплексов, методик организации натурального эксперимента, процедур контроля качества натуральных векторных данных и их комплексной обработки [4 – 5] с целью исследования режимных и энергетических характеристик прибрежных течений в регионе и их изменчивости. В связи с широким кругом решаемых при мониторинге течений задач для оценки и учета вклада турбулентности и поверхностного волнения измерители использовались в двух режимах: с дискретностью отсчетов 1 с с осреднением 1 мин и с дискретностью 15 с с осреднением 5 мин.

**Результаты исследований динамики вод прибрежного экотона.** Черноморский гидрофизический полигон обеспечивает проведение физико-климатических фундаментальных, прикладных и междисциплинарных исследований, испытание новых информационных технологий и образцов морской техники в условиях открытого моря, находясь в экогеодинамически активной зоне сопряжения суши Крымского п-ова и северной части Черного моря. Основные направления развития связаны с исследованиями изменчивости гидрологической структуры и динамики вод, классификацией и характеристикой наблюдаемых динамических процессов, анализом их изменчивости, оценкой влияния динамики вод и метеорологических условий на экологическое состояние прилегающих акваторий, разработкой физических и методических основ интеграции контактных и дистанционных наблюдений для валидации аэрокосмических данных. Исследования, проводимые для обеспечения потребителей непрерывными натурными наблюдениями за состоянием и изменчивостью природной среды прибрежной зоны, способствуют развитию комплексного мониторинга гидрофизических процессов на шельфе Черного моря. Результаты натурных полигонных ис-

следований у мыса Кикинеиз позволяют получать новые научные знания о динамике природной среды, которые регулярно публикуются в многочисленных авторитетных научных изданиях как в виде отдельных статей и глав, так и в полностью посвященных натурным исследованиям сборниках и монографиях, например, [6 – 8].

Основные элементы многоуровневой регионально-адаптированной системы контроля состояния прибрежной акватории содержат несколько самостоятельных и взаимодействующих между собой подсистем. В каждой подсистеме сформирован набор информативно значимых характеристик морской среды, измеряемых различными методическими и техническими средствами. Подсистема контактных средств контроля гидрометеорологической обстановки обеспечивает площадные измерения скорости и направления ветра, температуры приповерхностного слоя воды, воздуха, атмосферного давления и влажности приповерхностного слоя атмосферы [9 – 11]. Позволяет получать высокоточные оценки состояния и взволнованности морской поверхности, колебаний уровня Черного моря при контроле вертикальных движений земной коры и динамики оползневых структур прибрежной зоны суши [12]. Данные этой подсистемы используются для калибровки, сертификации и тестирования технических средств аэрокосмического мониторинга состояния морской поверхности и верификации программно-методических алгоритмов, например, [8, 13 – 15].

Подсистема контактного мониторинга состояния прибрежных водных масс в совокупности определяет гидрологические, гидрохимические, гидрооптические, гидробиологические и другие характеристики морской среды при профилировании по глубине от поверхности до дна. Контактные технические средства этой подсистемы, разработанные МГИ, реализуют различные физические принципы и способы измерения основных компонентов морской среды. В том числе исследования взаимодействия стоковых вод суши и морских вод, включая субмаринную разгрузку, выполнения оценок динамики химических характеристик морской среды, потоков углекислого газа, вклада загрязняющих веществ и т.п., например, [7, 8, 16].

Подсистема контактного мониторинга динамики прибрежных вод создана с целью определения структуры, режимных характеристик и изменчивости прибрежных течений. Эти характеристики исключительно важны для решения проблем определения переноса прибрежными водами взвешенных и растворенных веществ и загрязнений, осадочного материала и донных наносов в прибрежной зоне ЮБК, оценок скорости эрозии береговой линии и т.п. При использовании контактных измерительных комплексов, разработанных МГИ, реализована перспективная информационная технология длительных исследований циркуляции вод эквидистантной по глубине антенной векторно-осредняющих измерителей течений. По материалам исследований ОГШ была сформирована и в 2019 г. прошла государственную регистрацию база данных мониторинга динамики прибрежных течений Черного моря у ЮБК за 2008 – 2015 гг. по измерениям на СОП у мыса Кикинеиз [17].

На базе накопленных за 11-ти летний период (2008 – 2018 гг.) непрерывных наблюдений был проведен анализ режима, структуры и изменчиво-

сти прибрежных течений. Выявлено и исследовано квазистационарное вдольбереговое течение с устойчивой циклонической циркуляцией прибрежных вод относительно глубокого моря. Максимальные среднемноголетние скорости 8,4 см/с зарегистрированы в приповерхностном слое (5 м), которые уменьшались по глубине до 6,6 см/с в придонном слое (25 м). Режим, структура и изменчивость характеристик этого прибрежного течения определялись локальной топографией рельефа дна и изменяющейся по сезонам гидрологической структурой вод [18 – 20]. Определенный вклад в локальную динамику прибрежных вод вносят интенсивные разномасштабные гидродинамические возмущения морской среды. Прежде всего, это континуум перемежаемых интенсивных колебаний прибрежных вод в инерционно-гравитационном диапазоне внутреннего волнения и сейш. Несмотря на многочисленные научные публикации по исследованиям динамики вод в этом диапазоне изменчивости и их обобщения, например, [21], для дальнейших достоверных выводов необходима тщательная систематизация и статистический анализ накопленных в ходе эксперимента у ЮБК натурных данных. Спектральный анализ колебаний прибрежных вод в мезомасштабном и синоптическом диапазонах изменчивости позволил достоверно выделить и идентифицировать колебания с периодами 10 – 13; 5,5 и около 3 суток [19 – 20]. Все указанные виды колебаний прибрежного течения у ЮБК имеют одну общую закономерность, они неявно влияют на характер бимодального распределения направлений прибрежных течений, если такое распределение наблюдается.

Набор экспериментальных данных о течениях, полученный с высокой точностью, [22] позволил исследовать природу и особенности бимодального распределения направления прибрежных течений у ЮБК. Экспериментально установлено, что в натурных условиях периодически возникает ситуация, когда длительное время наблюдается только циклоническая направленность вдольберегового течения. Например, с 23 июля по 4 августа 2015 г. бимодальное распределение не наблюдалось в течение 12 суток при средней скорости вдольберегового течения циклонической направленности, равной 23 см/с. В двухнедельный период с 15 по 29 сентября 2015 г. по всей глубине доминировало бимодальное распределение направлений течения при средней скорости вдольберегового течения циклонической направленности равной 2 – 3 см/с. Для выяснения причин такой разнообразной изменчивости структуры прибрежного течения был выполнен анализ эмпирических функций распределения плотности вероятности направлений течения на гидрологических горизонтах 5; 10; 15; 20 и 25 м при глубине места 28 м. Расчет гистограмм выполнен за 11-ти летний период по 1,16 млн. пятиминутных векторно-осредненных значений рядов динамики прибрежных течений в угловом сегменте  $\pm 3^\circ$ . Из анализа набора эмпирических функций определен статистический вклад прямого (циклонического) и диаметрально противоположного ему течения. По всей глубине прямая направленность течения зарегистрирована в 75 – 78 %, а противоположная – в 22 – 25 % случаев. После процедуры цифровой фильтрации были сформированы ряды векторно-осредненных за одни сутки течений, в которых отсутствует вклад колебаний инерционно-гравитационного диапазона и части диапазона сей-

шевых колебаний. Расчет гистограмм выполнен на тех же гидрологических горизонтах по 4018 односуточным значениям. Доля прямого (циклонической направленности) течения при этом возросла до 83,5 – 87,5 % при слабо выраженном вкладе противоположного течения, т.е. после исключения вклада части интенсивных колебаний образовалось квазибимодальное распределение направлений течения. Далее из векторных рядов динамики течений по установленной процедуре был удален вклад одномесечных колебаний, в том числе интенсивных колебаний с периодами 10 – 13; 5,5 и около 3 суток. Расчет гистограмм выполнен при тех же условиях по 4018 односуточным осредненным значениям. Эти гистограммы демонстрируют наличие только прямого вдольберегового течения. При этом отклонения осредненных текущих значений течения для гидрологических горизонтов 5; 10; 15; 20 и 25 м от соответствующего каждому горизонту генерального направления, а именно: 252°; 238°; 233°; 215° и 195°, не превышают  $\pm 12^\circ$ . Таким образом, после исключения вклада интенсивных разномасштабных гидродинамических возмущений [19] бимодальное распределение в направлении прибрежного течения не проявляется, а по всей глубине выделяется только квазистационарное вдольбереговое течение циклонической направленности относительно глубокого моря.

Таким образом, бимодальное распределение в направлениях прибрежного течения возникает в результате конкуренции вкладов кинетической энергии в динамику вод крупномасштабного вдольберегового течения и перманентно возникающих интенсивных синоптических, мезо-, субмезо- и мелкомасштабных гидродинамических образования. При этом в прибрежной зоне все орбитальные волно-вихревые движения вод, возникающие под воздействием разномасштабных гидродинамических возмущений, трансформируются, как правило, в систему коллинеарных с основным потоком возвратно-поступательных перемещений вод [19]. Эти гидродинамические структуры сосуществуют одновременно и, распространяясь вдоль берега, постоянно конкурируют с крупномасштабным потоком вод циклонической направленности по энергетике. Периодически, в зависимости от фазы колебаний, основной поток усиливается или ослабляется. В случаях преобладания энергетического вклада интенсивных колебаний в противоположном основному потоку направлении возникает и формируется бимодальное распределение направления прибрежного течения.

**Заключение.** Обобщен опыт восстановления и развития инфраструктуры Черноморского гидрофизического полигона в 2001 – 2015 гг. в рамках научного направления по прибрежным исследованиям. Этот опыт может быть использован при дальнейшем развитии полигона в рамках проектов РАН и других заинтересованных министерств и ведомств РФ. Создана система сбора и оперативной передачи информации и сформирована субрегиональная тематическая база данных. Анализ накопленных данных позволил исследовать структуру и изменчивость крупномасштабного прибрежного течения у Южного берега Крыма, природу и особенности бимодального распределения направлений течения у м.Кикинеиз. Полученные результаты используются для дальнейшего развития исследований по разработке и совершенствованию технологий мониторинга динамики вод прибрежной и

шельфовых зон у ЮБК и у Гераклеяского п-ова Севастопольского региона [23, 24]. В 2019 г. материалы по динамике прибрежных течений были использованы при выполнении исследований по анализу гидрологических воздействий и выдаче рекомендаций при проектировании строительства гидротехнических сооружений у ЮБК в рамках договора № 145/2018 с ООО «Проектный институт «Геоплан».

Выявленная структура и изменчивость динамики прибрежных вод в дальнейшем может быть эффективно исследована перспективными средствами гидролого-акустической томографии. МГИ имеет практический опыт аппаратно-методических разработок и экспериментальных исследований, выполненных вместе с Акустическим институтом (г.Москва) на гидролого-акустической трассе, ранее существовавшей между мысами Кикинеиз и Меганом у ЮБК [25]. Возобновление таких исследований обеспечивает на новом технологическом уровне проведение дистанционного гидролого-акустического мониторинга динамики прибрежно-шельфовых вод на обширных акваториях, а также создать элементы рубежной системы раннего оповещения в Российском секторе Черного моря.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2018-0004 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Черного и Азовского морей».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов В.А., Долотов В.В., Казаков С.И., Кузнецов А.С.* Развитие субрегиональной информационно-аналитической системы научного центра междисциплинарных исследований НАН Украины на базе Черноморского экспериментального полигона «Жацивели» // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2010.– вып.21.– С.10-24.
2. *Кузнецов А.С., Долотов В.В., Казаков С.И.* Текущее состояние и перспективы развития информационной системы Черноморского гидрофизического полигона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2014.– вып.28.– С.403-413.
3. *Долотов В.В., Казаков С.И., Кузнецов А.С.* Использование современных компьютерных технологий для автоматизации усвоения данных самопишущих измерительных приборов // Морской гидрофизический журнал.– 2013.– № 2.– С.72-79.
4. *Kuznetsov A.S.* Technology for marine environment dynamics control in the coast area // IC Marine Research Horizon 2020.– Varna, Bulgaria, 2013.– P.43.
5. *Кузнецов А.С., Иванов В.А., Зима В.В.* Особенности динамики течений у Южного берега Крыма и перспективы использования информационной технологии полигонных исследований // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2014.– вып.28.– С.42-50.
6. *Развитие морских наук и технологий в Морском гидрофизическом институте за 75 лет / Под общ. ред. Еремеева В.Н.*– Севастополь: МГИ НАН Украины, 2004.– 704 с.
7. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа / Сборник научных трудов.*– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010.– вып.21.– 260 с.

8. *Иванов В.А., Дулов В.А.* Мониторинг прибрежной зоны на Черноморском экспериментальном подспутниковом полигоне.– Севастополь; ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014.– 526 с.
9. *Ковешников Л.А., Иванов В.А., Богуславский С.Г., Казаков С.И., Каминский С.Т.* Вопросы теплового и динамического взаимодействия в системе морет-атмосфера-суша Черноморского региона // Экологическая безопасность при-брежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2001.– вып.3.– С.9-52.
10. *Поспелов М.Н., Горячкин Ю.Н., Ермаков Д.М., Комарова Н.Ю., Кузьмин А.В., Ретина И.А.* Исследование особенностей взаимодействия океана и атмосферы в прибрежной зоне в серии комплексных экспериментов *SARPOS' 05-07-09* // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2010.– вып.21.– С.25-34.
11. *Кузнецов А.С.* Перспективы совместных натуральных исследований динамики прибрежных течений и региональных анемобарических условий у Южного берега Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.– 2016.– вып.2.– С.23-32.
12. *Шестопалов В.М., Богуславский С.Г., Богуславский А.С., Иванов В.А., Кузнецов А.С.* Инженерно-геологические опасности береговой зоны Горного Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2005.– вып.13.– С.43-61.
13. *Лялько В.И., Попов М.А., Иванов В.А., Кузнецов А.С.* Перспективы развития морских и наземных стационарных опорных полигонов для геоэкологического мониторинга // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2009.– вып.19.– С.19-35.
14. *Иванов В.А., Терехин Ю.В., Пустовойтенко В.В., Кузнецов А.С.* Концептуальные основы и современная стратегия построения морского подспутникового полигона / Мониторинг прибрежной зоны на Черноморском экспериментальном подспутниковом полигоне / Под ред. В.А.Дулова, В.А.Иванова.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014.– С.7-28.
15. *Кузьмин А.В., Горячкин Ю.Н., Ермаков Д.М.и др.* Морская гидрографическая платформа «Кацивели» как подспутниковый полигон на Черном море // Исследование Земли из космоса.– 2009.– № 1.– С.31-44.
16. *Наседкин Е.И., Кузнецов А.С., Цихоцкая Н.Н., Ключина А.К.* Мониторинг сезонных изменений минерального состава взвешенного вещества // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2005.– вып.12.– С.236-241.
17. *Кузнецов А.С., Зима В.В.* Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019620377 от 12.03.2019 г. «База данных мониторинга динамики прибрежных течений Черного моря у Южного берега Крыма за 2008 – 2015 гг. по измерениям на стационарной океанографической платформе у мыса Кикинеиз». Правообладатель: ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН».
18. *Богуславский С.Г., Казаков С.И., Кузнецов А.С.* Особенности режима течений у южного берега Крыма // Трудове на Института по океанология.– Варна, Българска академия по науките, 2005.– т.5.– С.25-34.
19. *Кузнецов А.С., Иванов В.А., Зима В.В.* Особенности мезомасштабной динамики вод у Южного побережья Крыма в 2008 – 2016 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.– 2017.– вып.1.– С.32-39.

20. *Иванов В.А., Кузнецов А.С., Морозов А.Н.* Мониторинг циркуляции прибрежных вод у Южного берега Крыма // Доклады академии наук.– 2019.– т.485, № 4. – С.507-510.
21. *Иванов В.А., Белокопытов В.Н.* Океанография Черного моря.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011.– 209 с.
22. *Кузнецов А.С.* Система оценки качества векторных данных и возможности антенных измерений течений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.– 2018.– вып.1.– С.50-57.
23. *Кузнецов А.С., Иванов В.А., Морозов А.Н., Маньковская Е.В.* Технология исследования динамики прибрежных вод как элемент кризисного мониторинга природной среды // Материалы научных мероприятий, приуроченных к 15-летию ЮНЦ РАН (г.Ростов-на-Дону, 13-16 декабря 2017 г.) / гл. ред. акад. Г.Г.Матишов.– Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017.– С.120-122.
24. *Kuznetsov A.S., Shapovalov Yu.I., Shapovalov R.O.* Results of monitoring the surface fields dynamics in the Black Sea waters using a ferry box system // *Physical Oceanography*.– 2019.– v.26, iss.4.– P.341-349.
25. *Иванов В.А., Сабинин К.Д., Кузнецов А.С.* Перспективы развития системы дистанционного гидролого-акустического мониторинга Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2001.– вып.3.– С.168-173.

Материал поступил в редакцию 15.10.2019 г.

A.S.Kuznetsov, V.V.Zima

#### DEVELOPMENT OF OBSERVING SYSTEM OF THE BLACK SEA HYDROPHYSICAL POLYGON IN 2001 – 2015

The experience of restoration and development of the Black Sea hydrophysical polygon infrastructure in 2001 – 2015 is summarized as part of the coastal research of the Marine Hydrophysical Institute under Academician V.A.Ivanov. A multilevel marine observational system has been formed consisting of a number of subsystems of contact monitoring of meteorological situation, hydrophysical state of coastal water and coastal water dynamics. A system has been created to gather and efficiently transmit information, and a sub-regional database has been formed, which are available for use and are of interest to the future development of the polygon. The some peculiarities of coastal water circulation are presented. The structure and variability of the quasistationary coastal current near the south coast of Crimea, as well as the nature and peculiarities of the bimodal distribution of the current direction at Cape Kikineiz are studied.

**KEYWORDS:** the Black Sea hydrophysical polygon, marine observing system, coastal current, multi-scale water dynamics