

На правах рукописи

Ерёмина Екатерина Сергеевна

**ВОДНО-СОЛЕВОЙ РЕЖИМ ЗАЛИВА СИВАШ И ФАКТОРЫ,
ЕГО ФОРМИРУЮЩИЕ**

Специальность 1.6.17 – океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Севастополь – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Морской гидрофизический институт РАН»

Научный руководитель: доктор географических наук, старший научный сотрудник **Совга Елена Евгеньевна**

Официальные оппоненты:

Беспалова Людмила Александровна, доктор географических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», профессор кафедры океанологии

Завьялов Петр Олегович, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, заместитель директора по научно-организационной работе, руководитель лаборатории взаимодействия океана с водами суши и антропогенных процессов

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова»

Защита состоится **20 мая 2022 г. в 14 ч 00 мин** на заседании Диссертационного совета 24.1.229.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Морской гидрофизический институт РАН» по адресу: **299011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» и на сайте института http://mhi-ras.ru/news/thesis_defense_202202110830.html

Автореферат разослан «____» _____ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.229.01
кандидат географических наук

Харитоновна Людмила Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности темы. Актуальность выполненной работы определяется необходимостью изучения залива Сиваш Азовского моря как наиболее техногенно и антропогенно преобразованной акватории прибрежной зоны Крыма. В результате человеческой деятельности водно-солевой режим залива Сиваш претерпевает существенные изменения. Введение в эксплуатацию Северо-Крымского канала (СКК) в 70-е годы кардинально повлияло на водный баланс Сиваша [Сивашский регион ... , 2007]. В работах [Раскин, 1992; Сивашский регион ... , 2007; Дьяков и др., 2013; Дьяков и др., 2015a] не рассчитывался показатель изменения объема залива по уравнению водного баланса, и не были осуществлены корректировки отдельных его статей. Актуальность настоящего исследования состоит в необходимости получения откорректированных данных приходных и расходных статей водного баланса залива в период до работы канала и во время его функционирования.

Перекрытие Северо-Крымского канала в 2014 г. стало еще одним важным фактором, оказывающим влияние на водно-солевой режим залива Сиваш, на изменение его морфометрических характеристик, ландшафтов Присивашья, что привело к глобальной перестройке экосистемы [Колесникова, и др., 2016; Шадрин и др., 2016; Бурдиян и др., 2018; Михайлов, 2015, 2019; Костин, 2019; Soloveva, et al., 2019; Prazukin et al., 2018; Anufriieva et al., 2020; Shadrin et al., 2019; Sergeeva et al., 2020; Боровская и др., 2020; Ломакин, 2020]. В перечисленных работах не исследовалась динамика солености по всей акватории Сиваша за 2014–2020 гг., и не были получены количественные оценки изменчивости морфометрических характеристик залива (динамика береговой зоны, прибрежных водоемов, тростниковой растительности). Указанные пробелы восполнены в результатах настоящей диссертационной работы. Автором предложены рекомендации для организации системы наблюдений залива Сиваш в новых условиях с учетом современных границ водно-болотного угодья международного значения «Восточный Сиваш». Полученные автором результаты стали научным обоснованием необходимости возобновления работы двух гидрометеопостов в исследуемой акватории.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – комплексная оценка природно-климатических и антропогенных факторов, формирующих водно-солевой режим залива Сиваш. Для достижения цели были поставлены и решены следующие научные задачи:

1. Рассчитать и проанализировать внутри- и межгодовую изменчивость составляющих водообмена между заливом Сиваш и Азовским морем через пролив Тонкий в современный климатический период с использованием данных гидрометеорологических наблюдений на близлежащих станциях;
2. Изучить особенности гидрометеорологических условий: уровня режима, ветровых условий (по данным метеогидропостов), современного температурного и ледового режимов залива Сиваш по спутниковым данным.
3. Изучить внутри- и межгодовую изменчивость атмосферных осадков, выпадающих на поверхность залива Сиваш за современный климатический период на основе откорректированных данных четырех береговых метеостанций.

4. Уточнить составляющие водного баланса залива Сиваш в различные периоды функционирования Северо-Крымского канала.

5. Проанализировать динамику солености после перекрытия Северо-Крымского канала в Восточном и Южном Сиваше за 2013–2020 гг. по результатам экспедиционных исследований МГИ.

6. Оценить изменчивость морфометрических характеристик залива Сиваш (динамика береговой зоны, прибрежных водоемов, тростниковой растительности) после перекрытия Северо-Крымского канала.

7. Предложить рекомендации для организации системы наблюдений залива Сиваш после перекрытия Северо-Крымского канала.

Научная новизна полученных результатов. Получены новые знания об особенностях функционирования морского залива лагунного типа на примере залива Сиваш в условиях изменчивости природно-климатических и антропогенных факторов. Впервые получены скорректированные по методике Главной геофизической обсерватории и Казахстанского научно-исследовательского гидрометеорологического института (ГГО-КазНИГМИ) [Браславский и др., 1975] данные об объемах атмосферных осадков, выпадающих над заливом, за современный климатический период, позволяющие оценить недоучет вклада атмосферных осадков в водный баланс залива Сиваш.

Впервые оценено изменение объема залива, как в период его условно-естественного состояния, так и при различных режимах работы Северо-Крымского канала на основании проведенного в настоящей работе расчета составляющих водообмена между заливом Сиваш и Азовским морем через пролив Тонкий, а также уточнения отдельных статей водного баланса залива.

Впервые проанализирована изменчивость солености в заливе после перекрытия Северо-Крымского канала. Для Восточного и Южного Сиваша впервые показаны отличия в сезонной и межгодовой динамике роста солености в различных частях акваторий по мере удаления от пролива Тонкого.

Впервые проанализирован современный температурный режим залива, установлен факт фильтрации вод Азовского моря через Арабатскую Стрелку с использованием спутниковых данных. Впервые получены количественные оценки уменьшения площадей прибрежных водоемов Присивашья и тростниковой растительности после перекрытия Северо-Крымского канала.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные в работе значения водообмена между Азовским морем и заливом Сиваш через пролив Тонкий, а также ряд действительных сумм атмосферных осадков, скорректированных в соответствии с методикой [Браславский и др., 1975], позволили повысить точность водно-балансовых расчетов для залива Сиваш.

Важными практическими результатами работы стали первые количественные оценки изменений морфометрических характеристик залива Сиваш после перекрытия СКК. Впервые с использованием спутниковых данных рассчитаны общие площади озер-лагун, рисовых чеков и водоемов мелиоративной системы Присивашья, которые сократились на 79,24 км². Также впервые получены оценки изменения площадей тростниковой растительности в Восточном и Южном Сиваше за период 2015–2020 гг. с явной тенденцией к уменьшению.

В работе даются практические рекомендации по научно-обоснованной сети наблюдений за водно-солевым режимом залива Сиваш, что актуально для экологического мониторинга данного региона.

Результаты, представленные в настоящей работе, были доложены на заседании комиссии Министерства экологии и природных ресурсов республики Крым 21 ноября 2018 г. Они получили одобрение и поддержку, как научное обоснование необходимости восстановления работы в акватории залива Сиваш гидрометеопоста (ГМП) Роскомгидромета Чонгарский мост, который функционировал в течение 80 лет, но прекратил работу в 2014 году.

Методология и методы исследования.

В диссертационной работе анализировались данные натурных наблюдений (18 сухопутных экспедиций (130 станций)), данные дистанционного зондирования Земли (данные массива NASA [Архив Giovanni]; NOAA, MetOp (AVHRR) [Морской портал МГИ]; данные спутников серии Landsat [Геологическая Служба США]; Sentinel-2 L1C) и данные гидрометеопостов (Джанкой, Владиславовка, Геническ, Стрелковое, МГП Чонгарский мост). При этом для решения каждой конкретной задачи подбирались специальные методики [Слатинский, 1969; Раскин, 1992; Браславский и др., 1975; Станичная и др., 2015, 2016; Методические указания ... , 2014; Ломакин и др., 2014а].

Положения, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие результаты научной деятельности:

1. Установлено, что антропогенные факторы, связанные с функционированием и перекрытием Северо-Крымского канала (СКК) и системой природопользования в регионе, оказывают влияние на формирование водно-солевого режима залива Сиваш наряду с воздействием таких природно-климатических факторов как атмосферные осадки, водообмен с Азовским морем, температурный и ледовый режимы.

2. Показано, что изменение уровня режима залива Сиваш в результате функционирования СКК существенно влияло на водообмен в проливе Тонком: рост уровня залива вызывал уменьшение поступления азовоморских вод и его опреснение, снижение уровня – увеличение притока азовоморских вод и осолонение залива.

3. Перекрытие СКК привело к изменению водно-солевого режима залива. Резкое сокращение пресноводной приходной составляющей в его водном балансе вызвало увеличение солености акватории. Показано, что за шесть лет соленость воды в Восточном и Южном Сиваше возросла вдвое и приблизилась к значениям, зафиксированным до начала работы канала.

4. Впервые с использованием спутниковых методов получены количественные оценки морфометрических характеристик береговой зоны залива Сиваш, включая динамику его фитогенных берегов. Установлено, что после перекрытия СКК общая площадь водоемов Присивашья сократилась на 79,24 км² (5,6% от общей площади акватории Восточного Сиваша и водоемов Присивашья).

5. Предложена и научно обоснована современная структура наблюдательной сети за водно-солевым режимом залива Сиваш. Сеть состоит из 14 пунктов наблюдений и охватывает особо охраняемые территории водно-болотного угодья

«Восточный Сиваш» в его современных границах, что актуально для системы экологического мониторинга Восточного Сиваша после перекрытия СКК.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Достоверность полученных в работе результатов натурных наблюдений обеспечена использованием методов, являющихся общепринятыми в данной области и выполненными в сертифицированной лаборатории.

Достоверность результатов работы, полученных при использовании дистанционных методов исследования обеспечена анализом постоянно пополняемой обширной базы данных спутниковых снимков исследуемой территории, которой располагает отдел дистанционных методов исследования Морского гидрофизического института РАН [Морской портал МГИ; Станичная и др., 2015; Станичная и др., 2016; Ерёмина и др., 2018с; Ерёмина и др., 2018d].

Достоверность результатов расчетов водообмена залива Сиваш с Азовским морем через пролив Тонкий и корректировки величин атмосферных осадков обеспечены использованием методов и методик общепринятых в данной области [Слатинский, 1969; Раскин, 1992; Браславский и др., 1975].

Основные результаты диссертации были представлены на 18 научных мероприятиях – международных и всероссийских конференциях, семинарах и школах.

Достоверность и новизна научных результатов подтверждаются публикациями в ведущих профильных рецензируемых изданиях.

Публикации по теме диссертации

По теме диссертации опубликовано в соавторстве 33 научные работы, из них 8 статей в рецензируемых научных журналах, 6 статей в рецензируемых сборниках научных трудов и 19 тезисов докладов в сборниках докладов научных конференций.

Требованиям ВАК при Минобрнауки России удовлетворяют 10 работ в рецензируемых научных изданиях. В их числе 3 работы [1, 5, 6] в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрическую базу Web of Science, 3 работы [2, 5, 6] в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрическую базу SCOPUS, 3 работы в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень изданий ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук [3, 4, 7, 8] и 3 работы [9, 10, 11] в изданиях, соответствующих п. 10 Постановления Правительства Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 723 «Об особенностях присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий лицам, признанным гражданами Российской Федерации в связи с принятием в Российскую Федерацию Республики Крым и образованием в составе Российской Федерации новых субъектов – Республики Крым и города федерального значения Севастополя».

Связь работы с научными темами. Результаты, положенные в основу диссертационной работы, были получены соискателем при выполнении темы Плана исследований Национальной академии наук Украины (2012–2014 гг.), 2-х тем Плана исследований Российской академии наук (2014–2020 гг.) и гранта Российского фонда фундаментальных исследований (2016–2017 гг.).

Личный вклад соискателя. Соискателем совместно с научным руководителем работы определена актуальность исследования, сформулирована цель и обозначены основные задачи. Ею лично обобщены и проанализированы имеющиеся литературные данные о физико-географической характеристике залива Сиваш, истории его изучения, ретроспективной оценке водно-солевого режима залива Сиваш.

Соискатель принимала участие в экспедиционных исследованиях, лично осуществляла отбор и анализ проб воды. Ею освоены методики определения солености воды и осуществлены измерения солености воды Восточного и Южного Сиваша в различные сезоны по результатам экспедиционных исследований за 2013–2020 гг.

Соискатель принимала участие в выборе методик и их адаптации для расчетов водообмена залива Сиваш с Азовским морем через пролив Тонкий. Лично анализировала полученные данные составляющих водообмена за 1966–2013 гг. Проводила анализ ветрового и уровенного режимов по данным морских береговых станций.

Автором работы проведено сравнение откорректированных данных сумм атмосферных осадков по методике ГГО-КазНИГМИ с данными наблюдений, дана оценка режимов поступления вод в залив Сиваш и их изменение.

Сформирована база спутниковых изображений различного разрешения исследуемого района. Освоена методика дешифрирования спутниковых снимков, в том числе метод RGB-комбинирования изображений, выполненных в разное время, для выделения изменений в береговой зоне. Проанализирована изменчивость температурного и ледового режимов на основании спутниковой информации, охарактеризована динамика береговой линии и прибрежных водоемов.

На паритетной основе совместно с научным руководителем и соавторами опубликованных работ осуществлялось обсуждение полученных в работе результатов, формулировка выводов и заключения работы.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю д. г. н. Елене Евгеньевне Совге за всестороннюю поддержку, чуткое руководство, ценные идеи и замечания, а также организацию всего научного процесса, связанного с изучением залива Сиваш в Морском гидрофизическом институте. Автор сердечно благодарит к. ф.-м. н. С.В. Станичного, за ценные рекомендации и переданный опыт в работе со спутниковыми данными. Автор выражает благодарность директору СО ФГБУ «ГОИН» Н.Н. Дьякову и его коллективу за продуктивную совместную работу в экспедициях в исследуемый район. Соискатель выражает искреннюю благодарность к. ф.-м. н. В.П. Евстигнееву за проявленный интерес к совместной работе. Автор благодарит к. г. н. И.Г. Шокурову, д. г. н. Ю.В. Артамонова, д. г. н. В.Н. Белокопытова, директора ФГБУН ФИЦ МГИ С.К. Коновалова за ценные советы и внимание к работе. Соискатель признательна д. ф.-м. н. Н.Б. Шапиро, д. г. н., профессору МГУ Е.И. Игнатову за поддержку работы, а также благодарит д. г. н. профессора П.Д. Ломакина, к. г. н. Л.В. Харитонову, Е.И. Овсяного, Р.Р. Станичную, Т.В. Хмару, А.А. Латушкина за полезные консультации, сотрудничество и содействие в работе. Автор искренне благодарит всех сотрудников отдела гидрофизики шельфа МГИ РАН. Автор благодарит за поддержку своих родных и близких.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка использованных источников, который включает 154 наименования. Полный объем работы составляет 152 страницы, содержит 12 таблиц, 39 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** раскрыта актуальность и степень разработанности темы, сформулированы цель и задачи исследования. Определена научная новизна работы и ее практическая значимость, приводятся: положения, выносимые на защиту, основные материалы и методы, используемые в работе, степень достоверности и апробация результатов, личный вклад автора и список публикаций по теме диссертации.

В **первом разделе** описывается физико-географическая характеристика района исследования и степень изученности темы. В *подразделе 1.1* рассматривается история изучения залива Сиваш: с античных времен до начала 21 века. В *подразделе 1.2* приводится географическая характеристика района исследования и история его формирования. В *подразделе 1.3* описываются особенности метеорологического режима, которые включают: ветровой режим, температурный режим, атмосферные осадки, испарение и ледовые условия, как природно-климатические факторы, определяющие водно-солевой режим залива Сиваш. В *подразделе 1.4* проводится ретроспективная оценка водно-солевого режима залива Сиваш. Выделяются основные статьи водного баланса, приводится уравнение водного баланса залива Сиваш в периоды до постройки Северо-Крымского канала и во время его эксплуатации.

Анализ всех доступных литературных данных показал, что при всей сложности исследуемого объекта изучение его осуществлялось фрагментарно без определенной периодичности. В ходе анализа литературных данных по теме исследования ставится задача провести уточнение отдельных статей водного баланса для проведения более корректных водно-балансовых расчётов и анализа изменений, происходящих в заливе Сиваш. Представляется мало изученным современный солевой режим залива Сиваш, его пространственная и временная изменчивость после перекрытия Северо-Крымского канала.

Во **втором разделе** изложены все материалы и методы, которые были использованы в исследовании.

В *подразделе 2.1* приводятся материалы и методы оценки режима солёности. Исследование динамики солёности залива Сиваш проводилось на основе данных натурных наблюдений, полученных в ходе 18 сухопутных экспедиций ФГБУН ФИЦ МГИ совместно с ФГБУ СО ГОИН в районы Восточного и Южного Сиваша за 2013–2020 гг., выполненных при участии автора. Всего было выполнено 130 станций, солёность воды определялась несколькими методами: рассчитывалась по плотности воды и прямым измерением с помощью рефрактометра [Ломакин и др., 2014а; Позаченюк и др., 2016; Sovga et al., 2020]. Для анализа многолетней динамики также использовались ретроспективные данные солёности в исследуемых акваториях за 1935–1988 гг. [Понизовский, 1965; Гидрологический справочник ..., т. 3, вып. 3].

В *подразделе 2.2* рассматриваются материалы и методы спутниковых наблюдений. Для анализа температурного режима залива Сиваш использовались данные

массива NASA [Архив Giovanni] о среднемесячных значениях температуры поверхности моря (ТПМ) за 2003–2016 гг. с осреднением в пределах акваторий Южного Сиваша, Восточного Сиваша, Западной части Азовского моря. Всего было построено более четырехсот полей температуры поверхности воды. В дополнение использовались данные Морского портала МГИ РАН [Морской портал МГИ]: NOAA, MetOp (AVHRR).

Для исследования ледового режима залива Сиваш использовались спутниковые данные сканеров MODIS спутников Terra (EOS AM) и Aqua (EOS PM) [Архив Giovanni]. Для оценки продолжительности ледового режима и пространственных особенностей ледовых условий в заливе Сиваш, были выбраны 2006, 2008, 2012, 2014, 2015 и 2016 годы, когда по спутниковым данным температура поверхности моря опускалась ниже нуля и наблюдался ледовый покров в Азовском море и в Сиваше. Из всех снимков отбирались изображения, выполненные с декабря по март, всего было отобрано около 200 снимков.

Для анализа изменения положения береговой линии, затопляемых и осушаемых территорий залива Сиваш во время функционирования СКК (период с 1984 по 2013 гг.) и после его перекрытия (2014 г.) была проведена выборка космических снимков спутников серии Landsat сканеров TM (Landsat-5), OLI/TIRS TM (Landsat-8) на портале Геологической Службы США (USGS) [Геологическая Служба США], полученных в безоблачную погоду. Отбирались изображения, полученные во время летнего сезона и, соответственно, минимального уровня воды, а также во время весеннего сезона, когда уровень в Сиваше наибольший. Проводилось RGB комбинирование снимков, сделанных в разное время для одной территории. Обработка изображений осуществлялась в свободно распространяемой программе BEAM VISAT 5.0. Всего было составлено около 30 композитов за 1984–2016 гг., из них выбрано около 10 для качественной оценки сокращения водоемов Присивашья, рисовых чеков и других изменений прибрежной территории залива Сиваш.

Изучение динамики тростниковой растительности было выполнено по данным цифровых многозональных спутников Sentinel-2 L1C. Использовались RGB-композиты с сочетанием каналов 11:8:4. Используемые снимки Sentinel выполнены с 2015 по 2020 г. в вегетативный период с мая по июнь, они сопоставлялись с осенними снимками, всего было отобрано около 40 снимков. Для идентификации тростниковой растительности на снимках при выборе эталона использовались красные и инфракрасные каналы. Надежность в определении эталона тростниковой растительности обеспечивалась также визуальным анализом и полевым дешифрированием в ходе рекогносцировочных маршрутов. Анализируемая территория включала в себя акваторию заливов Князевского и Балгановского (в Восточном Сиваше) и район Алексеевской засухи (Южный Сиваш).

В подразделе 2.3 собраны все материалы и методы, использованные для оценки составляющих водного баланса. В работе приводятся режимные оценки сумм осадков в районе залива Сиваш, рассчитанные на основе откорректированных данных четырех береговых метеостанций: Джанкой, Владиславовка, Геническ, Стрелковое по методике ГГО-КазНИГМИ [Браславский и др., 1975]. Получены значения месячных, сезонных и годовых сумм осадков в период с 1966 по 2013 гг., данные представлены в мм и единицах объема км³.

В работе был проведен анализ расходов воды в проливе Тонком в период 1966–2013 гг., рассчитанных по данным уровня, направления и скорости ветра на МГ Геническ и МГП Чонгарский мост. Расчет расходов азово-сивашских вод через пролив Тонкий (км^3) осуществлялся по двум методикам: Слатинского Ю. Г. [Слатинский, 1969] и Раскина Л. Г. [Раскин, 1992].

В **третьем разделе** работы рассматривается водно-солевой режим залива Сиваш и факторы, его формирующие в период до введения в строй Северо-Крымского канала и в процессе его функционирования.

В подразделе 3.1 анализируются элементы метеорологического режима: ветровой режим и атмосферные осадки. Для ветровых условий в районе залива Сиваш характерно преобладание восточных ветров, составляющих в среднем за год 20% от общего числа случаев, на западные ветры приходится 13% случаев. Максимум ветровой активности приходится на ноябрь – март, минимум – на летний сезон, когда увеличивается повторяемость штилей и слабых ветров скоростью до 5 м/с [Eremina et al., 2020].

Объем поступающей в залив воды с атмосферными осадками имеет выраженный сезонный ход и максимален в теплое полугодие в период с мая по август, достигая в среднем объемов 0,14–0,18 $\text{км}^3/\text{мес}$. Минимальные суммы осадков приходятся на холодный период года с минимумами в апреле и октябре. По откорректированным данным измерения осадков дана оценка изменения режима поступления пресных вод над заливом Сиваш за исследуемый период 1966–2013 гг. Было проведено сравнение среднемноголетних величин годовых сумм осадков за 23-летние периоды (Таблица 1). Согласно проведенному анализу, сумма годового объема осадков, а также объемов по всем сезонам, кроме зимнего, имела небольшое приращение за последние 45 лет. Выявлен положительный тренд осадков, варьирующий в пределах 0,0016–0,01 $\text{км}^3/10$ лет [Евстигнеев и др., 2019]. Для общего годового объема поступающих в залив атмосферных осадков тренд также оказался положительным и составил 0,016 $\text{км}^3/10$ лет. Корректировка данных позволила уточнить самую большую приходную составляющую водного баланса залива Сиваш, что является важным практическим результатом проделанной работы.

Таблица 1 – Характеристики изменения объема воды, поступающей в залив Сиваш с атмосферными осадками, за период 1966–2013 гг. [Евстигнеев и др., 2019]

период года	количество осадков, $\text{км}^3/\text{год}$			линейный тренд ($\text{км}^3/10$ лет) за весь период
	1966–1989 гг.	1990–2013 гг.	разность	
Зима	0,348	0,34	– 0,008	– 0,0091
Весна	0,332	0,346	0,014	0,01
Лето	0,454	0,468	0,014	0,0016
Осень	0,283	0,347	0,064	0,0048
годовой объем	1,42	1,50	0,08	0,016

В подразделе 3.2. рассматриваются элементы гидрологического режима: современный температурный и ледовый режим залива, уровенный режим, водообмен залива Сиваш с Азовским морем через пролив Тонкий, фильтрация вод Азовского моря через бар Арабатской Стрелки.

Впервые с использованием спутниковых данных проанализирован современный температурный режим залива Сиваш. Проведенное в работе сравнение сезонной и межгодовой изменчивости температурного и ледового режимов акватории залива Сиваш с аналогичной изменчивостью в Азовском море показало влияние мелководности залива на увеличение поверхностной температуры воды Сиваша весной на 2–2,5 °С и ее снижение осенью на 1–2 °С относительно Азовского моря. Отмечено сокращение продолжительности ледового режима в среднем на 30% из-за высокой солености в Восточном и Южном Сиваше, выделены незамерзающие районы залива.

Анализ уровенного режима по данным станций МГП Чонгарский мост (залив Сиваш) и МГ Геническ (Азовское море) показал, что до 1969 г. разница уровней моря в заливе Сиваш и в районе Генического была более или менее стабильная и составляла в среднем 13,5 см. С началом работы канала (70-е годы) и поступлением больших объемов пресных вод с сельскохозяйственных угодий уровень воды на МГП Чонгарский мост значительно вырос, а перепад уровней сократился в среднем до 3,8 см (т.е. почти на 10 см). В отдельные годы уровень на МГП Чонгарский мост превышал уровень на МГ Геническ (Рисунок 1) [Eremina et al., 2020].

Основной обмен водами между заливом Сиваш и Азовским морем происходит через Генический пролив, состоящий из двух рукавов: Промойна и пролив Тонкий. На водообмен оказывают влияние изменения уровня в районе пролива, направление, скорость и продолжительность ветров, испарение воды из водоема, поступление в Сиваш атмосферных осадков и поверхностных вод [Данильченко и др., 1954]. Считается [Дьяков и др., 2015а], что величина водообмена залива Сиваш с Азовским морем через Промойну в настоящее время не значительна. Так как отсутствуют наблюдения и промерные работы в этом рукаве Генического пролива, в работе приводятся оценки водообмена через пролив Тонкий.

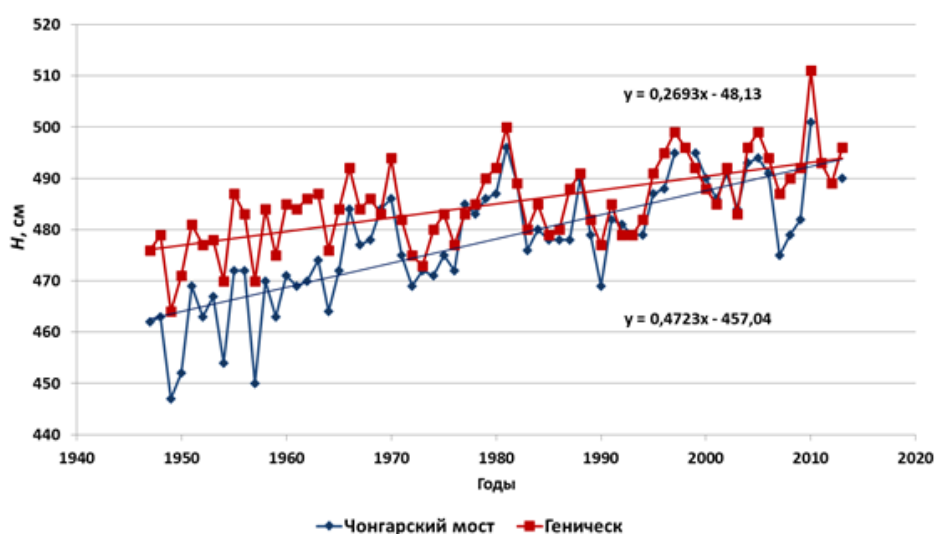


Рисунок 1 – Среднегодовые значения уровней на МГ Геническ и МГП Чонгарский мост за 1947–2013 гг. [Eremina et al., 2020]

Согласно результатам проведенного в работе расчета среднемесячных и среднегодовых величин стока азовских и сивашских течений в проливе Тонком, весь исследуемый период времени сохраняется преобладание стока азовских вод над сивашскими. Водообмен в проливе Тонком имеет сезонные особенности: максимум стока азовских вод в Сиваш приходится на апрель – август и совпадает по времени с периодом наивысшего подъема уровня в Азовском море, минимальный приток в Сиваш отмечается в сентябре и в зимние месяцы, в период развития ледовых явлений в море. Сивашские течения в основном наблюдаются в марте – апреле и в осенний сезон с максимумом в октябре [Ерёмина и др., 2019; Eremina et al., 2020]. Сравнение данных, полученных по двум методикам показало, что расчет по методу Раскина позволяет учесть изменения уровня в заливе, возникшие после начала работы СКК. В работе зафиксировано снижение притока азовских вод в 1976–2006 гг.: с 1963 по 1976 гг. из Азовского моря в Сиваш поступало в среднем $0,81 \text{ км}^3$, с началом работы СКК приток сократился в среднем на $0,2 \text{ км}^3$ (Рисунок 2). С 2007 г. наблюдался рост в поступлении вод Азовского моря, и снижение оттока из Сиваша (Рисунок 2), что обусловлено резким перепадом уровней между заливом и морем в эти годы (Рисунок 1). Возможно, перепад уровней связан с сокращением поступления вод из Северо-Крымского канала, поскольку заметного увеличения количества выпадающих осадков над заливом Сиваш в эти годы не происходило [Евстигнеев и др., 2019].

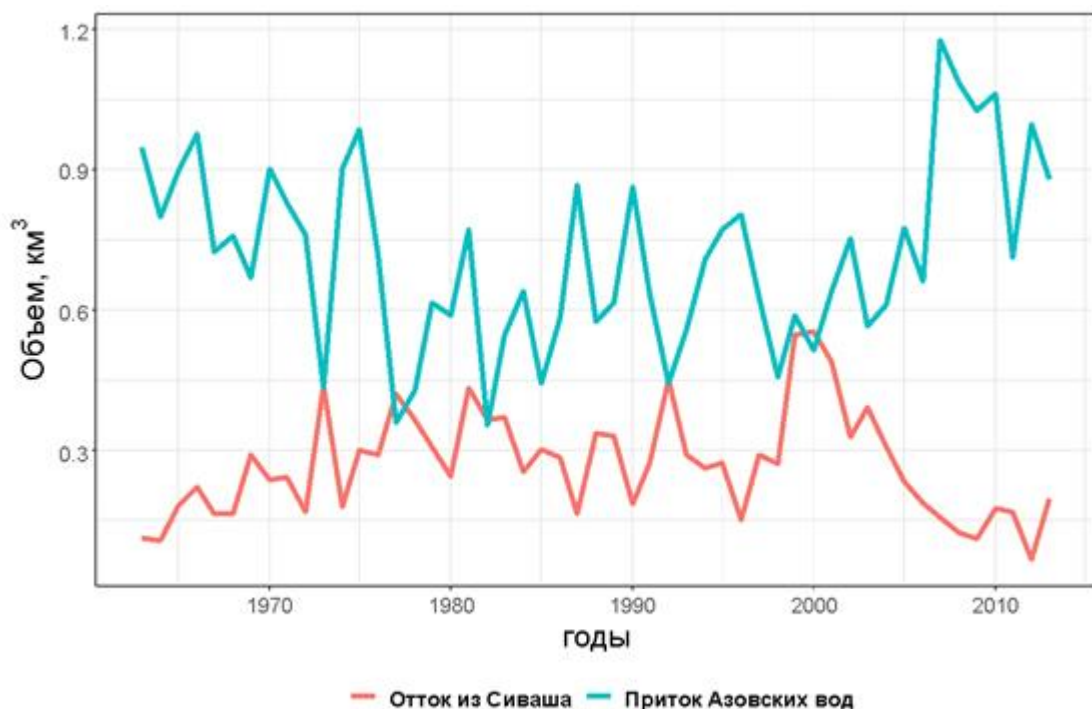


Рисунок 2 – Величина объемного стока сивашских (красная линия) и азовских (синяя линия) вод в проливе Тонком за 1966–2013 гг. [Eremina, 2020].

Рассчитано по методу Л.Г. Раскина [Раскин, 1992]

Впервые в настоящей работе с помощью спутниковых данных сканеров TIRS Landsat 8 и MODIS зафиксированы случаи предполагаемого просачивания вод Азовского моря через бар Арабатской Стрелки как еще одного источника поступления азовоморских вод в залив Сиваш. Использование данных NOMADS NOAA

[Морской портал МГИ] позволило предположить, что наблюдаемое явление возможно связано с предшествующими ветровыми условиями, которые характеризовались сильными, $>10\text{ м/с}$, ветрами восточного и северо-восточного направления. Такие условия, очевидно, приводят к повышению уровня воды с Азовской стороны бара и соответствующему понижению со стороны Сиваша и способствуют усилению фильтрации (интрузии) вод через бар (Рисунок 3).

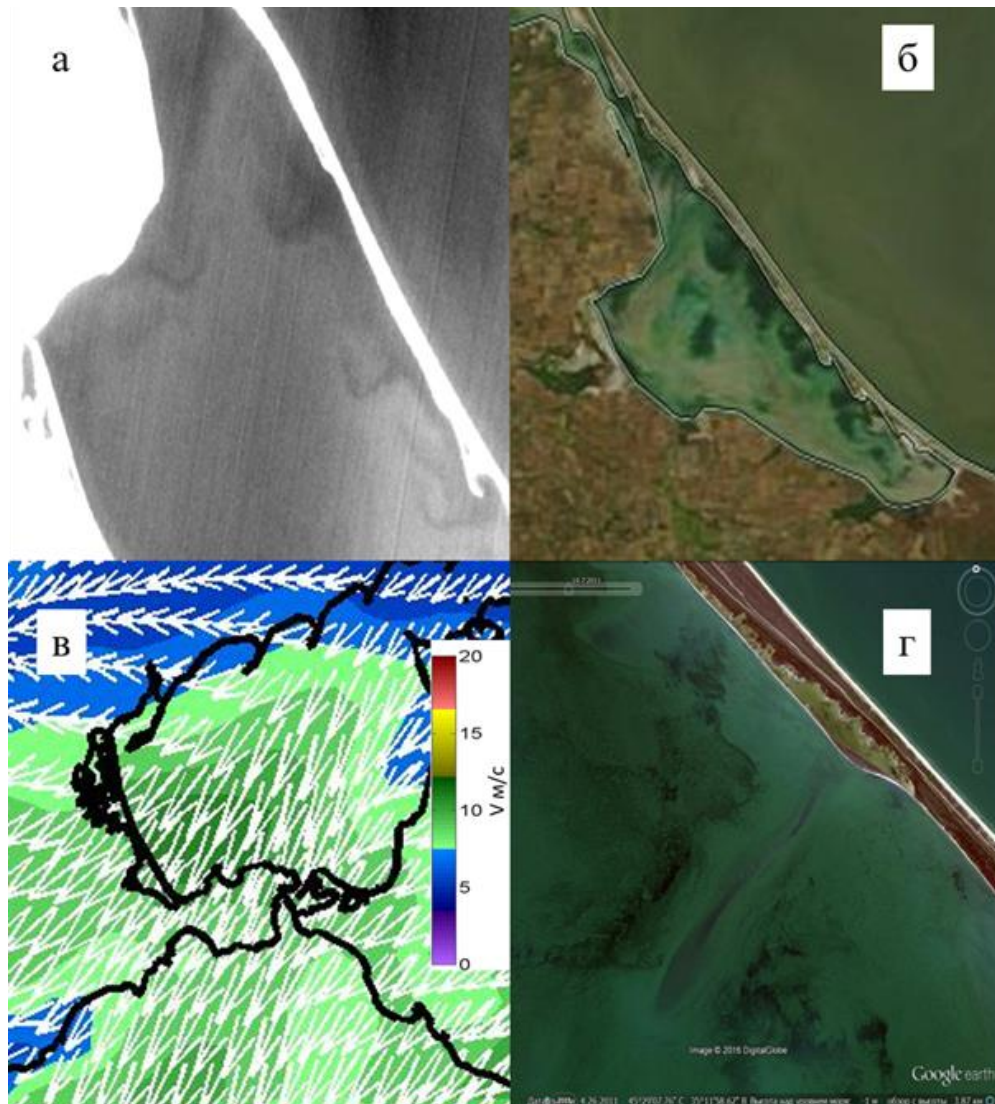


Рисунок 3 – Фильтрация Азовской воды через Арабатскую Стрелку 08.08.2015 г.: в инфракрасном диапазоне (сканер TIRS спутника Landsat 8) (а); в оптическом диапазоне (MODIS) (б); схема ветровых условий (м/с) по данным NOMADS NOAA10 (в); снимок [Google Earth] (г) [Щурова и др., 2016а]

В подразделе 3.3. анализируются данные составляющих водного баланса в различные периоды: до введения в строй СКК и во время его функционирования. Водно-балансовые расчеты показали, что в период условно-естественного состояния залива Сиваш, до работы канала, наблюдался дефицит пресноводной приходной составляющей. За счет высокого испарения, в среднем $2,5\text{ км}^3/\text{год}$, залив пред-

ставлял собой естественный испаритель, в котором соли концентрировались до рас-
солов, величина изменения объема залива (ΔB) была отрицательная [Sovga et al.,
2018]. Уровень воды в заливе Сиваш был ниже уровня Азовского моря, этот перепад
обеспечивал приток Азовских вод в залив около $0,81 \text{ км}^3$ в год.

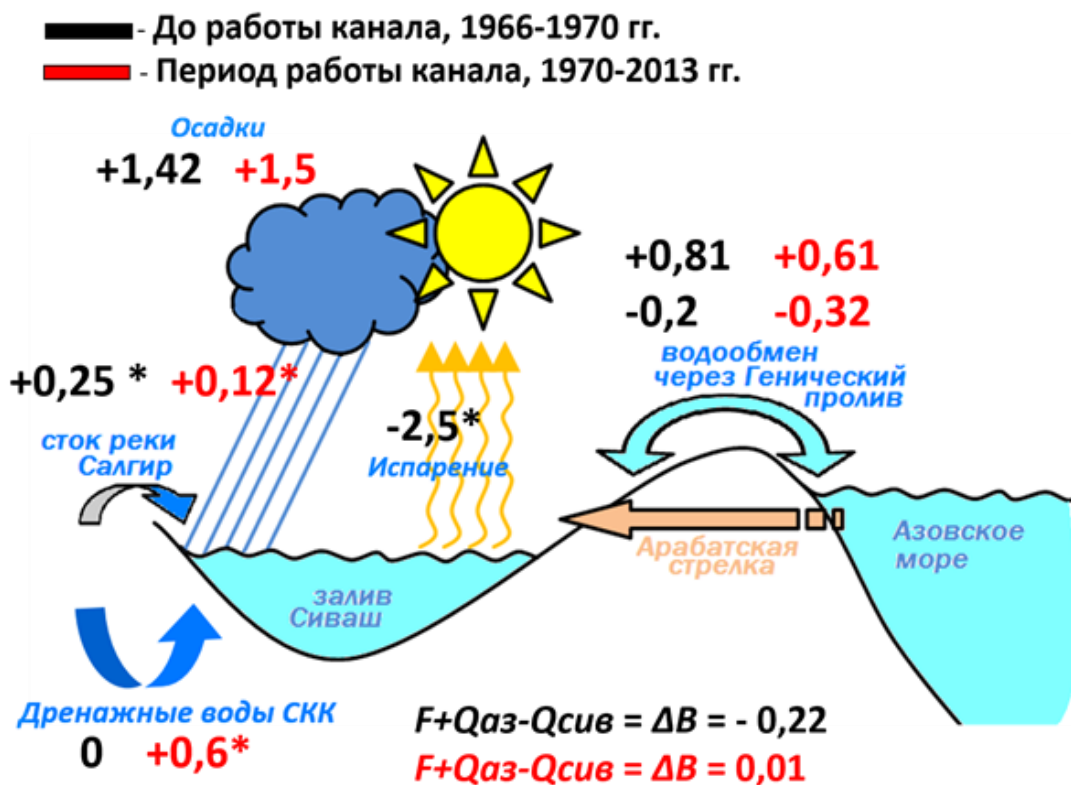


Рисунок 4 – Водный баланс залива Сиваш, условно разделённый на два периода: до введения в эксплуатацию Северо-Крымского канала (цифры показаны черным цветом) и во время его функционирования (цифры показаны красным цветом),

* – компоненты баланса по данным [Понизовский, 1965а; Дьяков и др., 2013; Сивашский регион ... , 2007]

С началом работы канала пресноводная составляющая баланса увеличилась на $0,6 \text{ км}^3/\text{год}$, вырос уровень в заливе, соответственно, снизился перепад уровней между заливом и морем приблизительно на 10 см, из-за чего уменьшился приток азовских вод в Сиваш в среднем на $0,2 \text{ км}^3/\text{год}$. Произшедшие изменения привели к сокращению поступления солей в Сиваш приблизительно на 2,2 млн тонн в год. Из-за поднятия уровня залива, который в отдельные годы даже превышал уровень Азовского моря, увеличился отток сивашских вод в море на $0,1 \text{ км}^3/\text{год}$. Пресноводная составляющая баланса увеличилась также за счет атмосферных осадков, в среднем на $0,08 \text{ км}^3/\text{год}$.

Уточнение отдельных статей водного баланса позволило увидеть реальное изменение объема залива (ΔB) относительно рассчитанного на основе данных других авторов. Значение ΔB в период работы Северо-Крымского канала стало положительным (Рисунок 4), так как приходная составляющая увеличилась за счет пресных

вод и стала равняться или даже превышать расходную составляющую, что вызвало распреснение вод залива.

В 2014 г. Северо-Крымский канал был перекрыт, вместе с тем сократилась пресноводная приходная составляющая в водном балансе залива. В результате предполагается, что снизится уровень воды в заливе, изменится соотношение притока и оттока вод в проливе Тонком, в сторону увеличения поступления азовских вод. На сегодняшний день невозможно дать оценку компонентам современного водного баланса, так как после 2014 г. не поступают данные с пункта наблюдений в Геническе (Украина), пост МГП Чонгарский мост с того времени не функционирует вовсе, регулярный мониторинг происходящих изменений не проводится.

В **четвертом разделе работы** рассматривается изменчивость водно-солевого режима залива Сиваш в условиях перекрытия Северо-Крымского канала.

В подразделе 4.1 представлены полученные автором оценки межгодовой и сезонной изменчивости солёности в заливе Сиваш по результатам экспедиционных исследований.

В результате сокращения поступления пресных вод в залив, существенно возросла солёность воды, что было отмечено в ходе экспедиционных исследований в 2014–2020 гг. Сравнение полученных в ходе полевых работ данных показало, что перекрытие Северо-Крымского канала не в одинаковой мере отразилось на изменении солёности воды разных частей залива Сиваш. В Восточном Сиваше солёность возрастала с севера на юг, по мере отдаления от пролива Тонкого. Весной 2014 г. солёность менялась от 27 до 33 ‰, а уже в 2020 г., спустя 6 лет после перекрытия канала, солёность значительно выросла на всех станциях, достигая 60–70‰. В Южном Сиваше наблюдался высокий сезонный рост солёности – до 17‰ и межгодовой рост: за 6 лет после перекрытия канала солёность возросла вдвое и приблизилась к значению, соответствующему 1969 г. Таким образом минерализация залива постепенно приближается к естественной, какой она была до введения в строй Северо-Крымского канала [Ерёмина, 2021] (Рисунок 5).

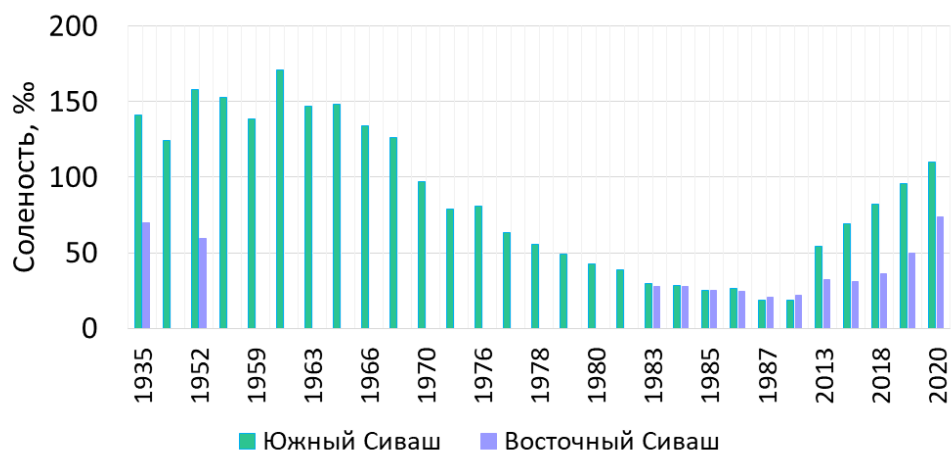


Рисунок 5 – Многолетняя динамика солёности в Восточном и Южном Сиваше [Ерёмина, 2021]

В подразделе 4.2 впервые приводятся количественные оценки изменения морфометрических характеристик залива Сиваш по спутниковым данным. Анализ

RGB-композиции ИК-каналов разновременных изображений показали, что существенным изменениям подверглись площади водоемов Восточного Присивашья, рисовых чеков и искусственных мелиоративных сооружений, полное или частичное питание которых осуществлялось за счет вод СКК. При наложении изображений до и после 2014 г. отчетливо идентифицируются поля для выращивания риса (рисовые чеки) и накопительные водоемы, на Рисунке 6 они показаны красным цветом. Анализ спутниковых снимков показал, что общие площади озер-лагунов, рисовых чеков и водоемов мелиоративной системы в меженный период (июль – август) сократились на 79,24 км² (5,6% от общей площади акватории Восточного Сиваша и водоемов Присивашья), при этом 2,45 км² приходится на пресные и соленые водоемы, 76,79 км² – на рисовые чеки.

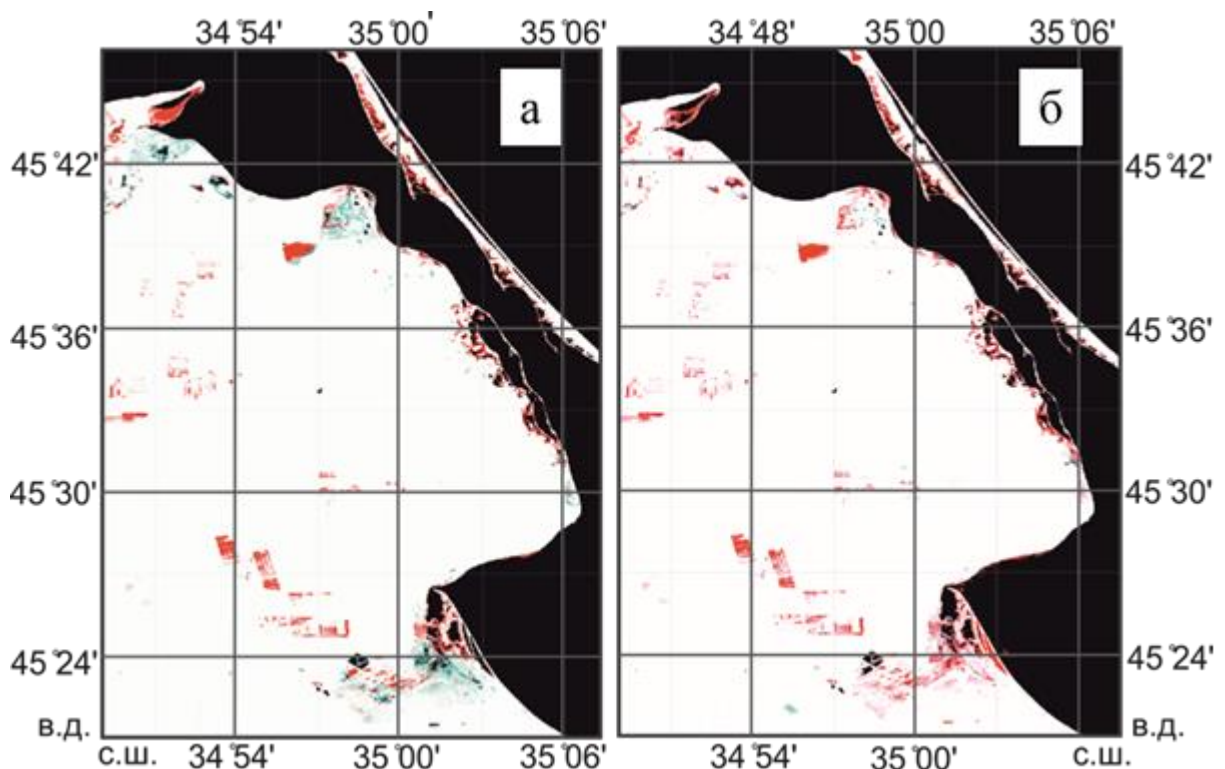


Рисунок 6 – RGB-композиция ИК-каналов изображений сканера Landsat-5 и Landsat-8: от 22 мая 2013 г. и 12 мая 2015 г. (а), от 10 августа 2013 г. и 02 августа 2016 г. (б).

Красным цветом обозначены обмелевшие участки ранее затопленной суши, голубым – области подтопления [Ерёмина и др., 2018d]

В подразделе 4.3 представлены результаты исследования динамики площадей тростниковых зарослей в заливе Сиваш после перекрытия Северо-Крымского канала по спутниковым данным. Изменения в солевом режиме залива отразились на всей его экосистеме, в том числе на тростниковых зарослях, начавших активно отмирать. Сопоставление разновременных снимков показало, что в целом с 2015 г. отмечается значительное сокращение площади тростниковой растительности. В 90-е гг. 20-го века она составляла 20–40 км², но с конца 1990-х и в начале 2000-х, гг. отмечается ее существенное уменьшение. В настоящее время площадь тростниковой растительности вблизи берегов Центрального Присивашья составляет около 15 км² [Ерёмина и др., 2020, Совга и др., 2020]. В Южном Сиваше был рассмотрен

район Алексеевской засухи (Рисунок 7). В этой части лагуны отмечена самая высокая изменчивость солености после перекрытия СКК, поэтому сокращение площади, занятой тростниковой растительностью, происходило особенно интенсивно. Отмирание тростникового берега в этом районе было отмечено визуально во время экспедиционных исследований. На спутниковом снимке (Рисунок 7, б) видно, что полностью пересох пресный искусственный водоем в северо-западной части засухи. Значительные пространства, ранее занятые растительностью, в настоящий момент представляют собой ветровую осушку, как это было до начала работы СКК.



Рисунок 7 – Спутниковые снимки Sentinel-2 L1C (сочетание каналов 11:8:4) в акватории Алексеевской засухи Южного Сиваша от 02.09.2015 (а), 13.09.2020 (б). Тростниковая растительность отражена темно-зеленым цветом [Ерёмина и др., 2020]

Таким образом, сокращение площадей в верховьях заливов Восточного и Южного Сиваша, занятых тростниковой растительностью (плавнями), в целом коррелирует с ростом солености, вызванным снижением пресной составляющей водного баланса водоема. Однако эта связь имеет сложный характер и зависит от современного поступления пресных вод (в том числе сбросных канализационных и дренажных), солености, конфигурации побережья и удаленности от пролива Тонкого [Ерёмина и др., 2020].

В подразделе 4.4 даются практические рекомендации по созданию научно-обоснованной сети наблюдений, как части экологического мониторинга залива Сиваш. В них учитываются современные границы водно-болотного угодья международного значения «Восточный Сиваш» в соответствии с приказом Министерства экологии и природных ресурсов республики Крым от 18 декабря 2017 года № 2919 «Об утверждении Положения о водно-болотном угодье (ВБУ) «Восточный Сиваш» [Совга и др., 2018]. За основу были взяты пункты наблюдений схемы береговых станций МГИ и СО ФГБУ «ГОИН». Для обеспечения эффективности данной сети наблюдений представляется необходимым Крымскому управлению по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ФГБУ «Крымское УГМС») восстановить работу на МГП Соляное (Южный Сиваш) и МГП Чонгарский мост (Восточный Сиваш), прерванную в 2014 г. [Совга и др., 2018].

В рамках данной системы наблюдений предполагается продолжить анализ спутниковых снимков Восточного и Южного Сиваша с целью мониторинга ледовой обстановки, дальнейшей оценки возможной деградации тростниковой растительности и исследования динамики морфометрических характеристик залива после перекрытия СКК.

Предложенная научно-обоснованная сеть станций отбора проб была практически реализована в экспедиционных исследованиях МГИ РАН в 2018–2020 гг. и планируется к реализации в будущем. На сегодняшний день ФГБУ «Крымское УГМС» получило указания к разработке проекта по восстановлению одного или двух постов, что является практическим приложением проделанной работы.

В **Заключении** приводятся основные результаты диссертационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объект исследования диссертационной работы залив Сиваш Азовского моря – уникальное восстанавливаемое месторождение минеральных солей, наиболее антропогенно и техногенно преобразованная акватория прибрежной зоны Крыма является при этом водно-болотным угодьем международного значения, внесенным в Рамсарскую конвенцию в 1978 году.

Диссертационная работа посвящена комплексному изучению природно-климатических и антропогенных факторов, формирующих водно-солевой режим залива Сиваш, его водный баланс. Основные научные результаты представленной работы сформулированы следующим образом:

1. Проведенный в работе анализ всех доступных данных из научной литературы не только показал фрагментарность проведенных ранее исследований, но и позволил выделить те природно-климатические и антропогенные факторы, уточнение и корректировка которых необходима как при установлении причин изменчивости водно-солевого режима залива, так и при расчетах его водного баланса.

2. Водно-солевой режим залива Сиваш формируется преимущественно объемами азовоморских вод, как одной из основных приходных статей его водного баланса. При использовании современных методик в диссертационной работе осуществлена коррекция оценок объемов вод, поступающих в залив из Азовского моря через пролив Тонкий. До работы Северо-Крымского канала через пролив в залив Сиваш поступало в среднем $0,81 \text{ км}^3/\text{год}$ азовоморских вод, которые приносили около 8 млн тонн солей. С началом работы канала, и поступлением больших объемов пресных вод с сельскохозяйственных угодий ($0,6 \text{ км}^3/\text{год}$), уровень воды в заливе значительно вырос, а перепад уровней между Азовским морем и Сивашом сократился в среднем на 10 см. Высокая изменчивость уровня моря, сокращение перепада между заливом и морем повлияли на ход водообмена в проливе, сократился приток вод из Азовского моря и увеличился отток сивашских вод, суммарный сток (с учетом оттока из залива Сиваш) составлял $0,3 \text{ км}^3/\text{год}$, это в два раза ниже значения стока до работы канала. Полученные в работе уточненные значения были использованы в воднобалансовых расчетах для залива Сиваш и для оценки климатической изменчивости его составляющих.

3. Впервые в настоящей работе с помощью спутниковых данных зафиксированы случаи предполагаемого просачивания вод Азовского моря через бар Арабатской Стрелки, как еще одного источника поступления азовоморских вод в залив Сиваш и фактора, влияющего на его водно-солевой режим. Использование данных NOMADS NOAA позволило предположить, что просачивание вод через бар Арабатской Стрелки возможно связано с предшествующими ветровыми условиями, которые характеризовались сильными, $>10\text{ м/с}$, ветрами восточного и северо-восточного направления.

4. В работе проведено сравнение сезонной и межгодовой изменчивости температурного и ледового режимов акватории залива Сиваш с аналогичной изменчивостью в Азовском море при использовании спутниковых данных. Показано влияние мелководности залива на увеличение поверхностной температуры воды Сиваша весной на $2\text{--}2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ее снижение осенью на $1\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$ относительно Азовского моря. Отмечено сокращение продолжительности ледового режима в среднем на 30 % из-за высокой солености в Восточном и Южном Сиваше, выделены незамерзающие районы залива.

5. Осуществленная в работе коррекция годовых объемов атмосферных осадков, выпадающих на поверхность залива, показала, что их увеличение в период работы канала вместе с другими факторами могло также повлиять на распределение вод залива Сиваш. Согласно с проведенным в работе анализом за период с 1966 по 2013 гг., среднемноголетнее значение годового объема осадков на поверхность залива составляло $1,45\text{ км}^3/\text{год}$. Месячные суммы в среднем составляли величины от 0,09 до $0,18\text{ км}^3/\text{мес}$. Величина линейного тренда годовых объемов составила $0,016\text{ км}^3/10\text{ лет}$.

6. Выполненное в настоящей работе уточнение отдельных статей водного баланса залива: объема выпадающих атмосферных осадков, стока азовоморских вод, поступающих через пролив Тонкий, позволили оценить изменение объема залива как в период его условно-естественного состояния, так и при различных режимах работы СКК. Показано, что в период условно-естественного состояния залива (1966–1970 гг.) наблюдался дефицит приходной составляющей, и залив представлял собой естественный испаритель, в котором соли концентрировались до рассолов. В период функционирования Северо-Крымского канала (1970–2013 гг.) приходная составляющая водного баланса превышала расходную, что повлекло за собой распреснение залива.

7. Перекрытие Северо-Крымского канала в 2014 г. привело не только к значительным изменениям в водно-солевом режиме залива Сиваш, но и глобальной перестройке всей его экосистемы. Сокращение пресноводной составляющей водного баланса залива вызывало рост солености, который был подтвержден в ходе экспедиционных исследований в 2014–2020 гг. По данным экспедиции в 2020 г., спустя 6 лет после перекрытия канала, значение солености в Восточном Сиваше превысило 70 ‰, это в два раза выше значений 2014 г. В Южном Сиваше, где еще в 2013 г. соленость составляла 54 ‰, в 2018 г. выросла до 93 ‰, а летом 2020 г. уже составляла 110 ‰, что в два раза выше показателей 2013 г. Такое значение солености было характерно для Южного Сиваша до введения в работу Северо-Крымского

канала и последний раз было зафиксировано в 1969 г. Таким образом, впервые проанализирована динамика солености в заливе Сиваш после перекрытия Северо-Крымского канала. Для Восточного и Южного Сиваша впервые показаны отличия в сезонной и межгодовой динамике роста солености в различных частях акваторий по мере удаления от пролива Тонкого. Показано, что водно-солевой режим залива Сиваш возвращается к своему естественному состоянию.

8. Впервые после перекрытия Северо-Крымского канала на основе спутниковых данных рассчитаны общие площади озер-лагун, рисовых чеков и водоемов мелиоративной системы Присивашья, которые сократились на 79,24 км² (5,6% от общей площади акватории Восточного Сиваша и водоемов Присивашья), при этом 2,45 км² приходится на пресные и соленые водоемы, 76,79 км² – на рисовые чеки. Также впервые получены предварительные оценки изменения площадей тростниковой растительности в Восточном и Южном Сиваше за период 2015–2020 гг., с явной тенденцией к уменьшению.

9. Предложена современная структура научно-обоснованной сети расположения 14 пунктов наблюдений за изменениями водно-солевого режима залива Сиваш, включающей особо охраняемые территории водно-болотного угодья «Восточный Сиваш» в его современных границах, что актуально для системы экологического мониторинга Восточного Сиваша. Предложенная структура сети наблюдений была практически реализована в экспедиционных исследованиях МГИ в 2018–2020 гг.

10. По результатам работы по заливу Сиваш после перекрытия СКК получено научное обоснование необходимости восстановления работы морских гидрометеопостов Чонгарский мост и Соляное, о чем был сделан доклад на заседании комиссии Министерства экологии и природных ресурсов республики Крым 21 ноября 2018 г. Получены одобрение и поддержка Министерства в этом вопросе, на сегодняшний день ФГБУ «Крымское УГМС» получило указания к разработке проекта по восстановлению одного или двух постов, что является практическим приложением проделанной работы.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ РАБОТЫ

Статьи в рецензируемых журналах

1. Sovga E.E. Water balance in the Sivash bay as a result of variability of the natural-climatic and anthropogenic factors / E.E. Sovga, **E.S. Eryemina**, T.V. Khmara // Physical Oceanography, [e-journal]. – 2018. – № 25(1). – P. 67–76.
2. **Ерёмина Е.С.** Оценки влияния перекрытия Северо-Крымского канала на изменчивость морфометрических характеристик залива Сиваш по спутниковым данным / Е.С. Ерёмина, Л.В. Харитоновна, С.В. Станичный // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15. – № 7. – С. 175–183.
3. Совга Е.Е. Система экологического мониторинга залива Сиваш в современных условиях / Е.Е. Совга, **Е.С. Ерёмина**, Н.Н. Дьяков // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2018. – № 2. – С. 22–38.

4. Евстигнеев В.П. Расчет количества осадков, выпадающих на поверхность залива Сиваш / В.П. Евстигнеев, **Е.С. Ерёмина** // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2019. – № 2. – С.19–29.

5. Sovga E.E. Research expeditions performed by Marine hydrophysical institute in the Sivash bay waters in Spring and Autumn, 2018 / E.E. Sovga, **E.S. Eremina**, A.A. Latushkin // Physical Oceanography, [e-journal]. – 2020. – № 27(2). – P.161–170.

6. **Eremina E.S.** Inter-annual variability of water exchange between the Azov Sea and the Sivash bay through the Tonky strait / E.S. Eremina, V.P. Evstigneev // Physical Oceanography, [e-journal]. – 2020. – № 27(5). – P. 489–500.

7. **Ерёмина Е.С.** Динамика площади тростниковых зарослей в заливе Сиваш (Азовское море) по спутниковым данным / Е.С. Ерёмина, Е.Е. Совга, С.В. Станичный, В.А. Михайлов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – № 4. – С. 54–65.

8. **Ерёмина Е.С.** Восстановление солёности в заливе Сиваш до естественного уровня после перекрытия Северо-Крымского канала / Е.С. Ерёмина // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2021. – № 3. – С. 84–93.

Статьи в сборниках научных трудов

9. **Щурова Е.С. (Ерёмина Е.С.)** Использование спутниковых данных для исследования современного состояния залива Сиваш / Е.С. Щурова, Р.Р. Станичная, С.В. Станичный // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – №3. – С. 61–64.

10. Позаченюк Е.А. О методах оценки современного состояния акватории залива Сиваш в условиях перекрытия Северо-Крымского канала в 2014 году / Е.А. Позаченюк, Е.Е. Совга, **Е.С. Щурова (Е.С. Ерёмина)**, Т.В. Хмара, Л.В. Харитоновна // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2016. – №4. – С.41–49.

11. Совга Е.Е. Ресурсный потенциал озера Сиваш и современное экологическое состояние его акватории / Е.Е. Совга, **Е.С. Щурова (Е.С. Ерёмина)** // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – № 27. – С. 276–283.

12. **Щурова Е.С. (Ерёмина Е.С.)** Изменчивость характеристик озера Сиваш по данным спутникового дистанционного зондирования / Е.С. Щурова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – № 27. – С. 302–305.

13. Ломакин П.Д. Экспедиционные исследования МГИ в Восточном Сиваше весной и осенью 2014 года / П.Д. Ломакин, Е.Е. Совга, **Е.С. Щурова (Е.С. Ерёмина)**, Е.И. Овсяный // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – № 28. – С. 138–145.

14. Sovga E.E. Current Water and Salt Regime of the Sivash Bay / E.E. Sovga, **E.S. Eremina**, L.V. Kharitonova, T.V. Khmara // Processes in GeoMedia – Volume II. Springer Geology. – 2021. – P. 225–234.

Тезисы докладов на Всероссийских и международных конференциях

15. Ломакин П.Д. Современный гидрохимический режим и ресурсный потенциал Восточного Сиваша / П.Д. Ломакин, Е.Е. Совга, **Е.С. Щурова (Е.С. Ерёмина)**,

Е.И. Овсяный // Тезисы докладов международной научной конференции «Современное состояние и перспективы наращивания морского ресурсного потенциала юга России». – Кацивели. Севастополь: ЭКОСИ- Гидрофизика, 2014. – С. 87–92.

16. **Щурова Е.С. (Ерёмина Е.С.)** Анализ ледового режима залива Сиваш по спутниковым данным / Е.С. Щурова (**Е.С. Ерёмина**) // Тезисы докладов международной научной конференции «Современное состояние и перспективы наращивания морского ресурсного потенциала юга России». – Кацивели. Севастополь: ЭКОСИ- Гидрофизика, 2014. – С.148–151.

17. Станичная Р.Р Внутрисезонная изменчивость береговой линии Сиваша, вызванная ветровыми условиями / Р.Р Станичная, **Е.С. Щурова (Е.С. Ерёмина)** // Тезисы докладов научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова». – Севастополь, 2015. – С. 144–145.

18. **Щурова Е.С. (Ерёмина Е.С.)** Пространственная и временная изменчивость поля температуры поверхности воды Сиваша и Азовского моря с использованием спутниковых данных / Е.С. Щурова, С.В. Станичный // Тезисы докладов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых (с международным участием) по проблемам водных экосистем, посвященной 100-летию со дня рождения д.б.н., проф., чл.-кор. АН УССР В.Н. Грезе «Pontus Euxinus 2015». – Севастополь, 2015. – С.202–203.

19. **Щурова Е.С. (Ерёмина Е.С.)** Применение спутниковых данных в исследовании залива Сиваш / Е.С. Щурова, Р.Р. Станичная, С.В. Станичный // Материалы всероссийской молодежной научной конференции «Комплексные исследования морей России, [Электронный ресурс]. – Севастополь, 2016. С. 219–224.

20. **Щурова Е.С. (Ерёмина Е.С.)** Исследование интрузий азовских вод через Арабатскую стрелку / Е.С. Щурова, С.В. Станичный // Тезисы докладов I Черноморской научно-практической конференции МГУ «Проблемы безопасности в современном мире», [Электронный ресурс]. – Севастополь, 2016. – С. 102–103.

21. **Shchurova E.S. (Eremina E.S.)** Satellite data for investigation of recent state and processes in the Sivash bay / E.S. Shchurova, R.R. Stanichnaya, S.V. Stanichny // Proceedings of International Conference "Managing risks to coastal regions and communities in a changing world" EMECS'11 - SeaCoasts XXVI. – St. Petersburg, 2016. – P. 773–780.

22. **Щурова Е.С. (Ерёмина Е.С.)** Изменения ресурсного потенциала залива Сиваш (Азовское море) после перекрытия Северо-Крымского канала в 2014 году / Е.С. Щурова, Е.Е. Совга, Т.В. Хмара, П.Д. Ломакин // Сборник материалов конференции «Экология. Экономика. Информатика. Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования». – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. – С. 296–307.

23. **Щурова Е.С. (Ерёмина Е.С.)** Мониторинг влияния перекрытия Северо-Крымского канала на залив Сиваш / Е.С. Щурова // Сборник тезисов II Всероссийской конференции молодых ученых «Комплексные Исследования Мирового Океана конференции КИМО-2017», [Электронный ресурс]. – Москва, 2017. – С. 617.

24. Совга Е.Е. Современное экологическое состояние и ресурсный потенциал залива Сиваш / Е.Е. Совга, **Е.С. Ерёмина**, Т.В. Хмара // Тезисы докладов научной

конференции «Моря России: наука, безопасность, ресурсы». – Севастополь: ФГБУН МГИ, 2017. С.103.

25. **Ерёмина Е.С.** Современный термохалинный режим залива Сиваш на основе спутниковой информации и данных натурных наблюдений / Е.С. Ерёмина, С.В. Станичный // Тезисы докладов пятнадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», [Электронный ресурс]. – Москва, 2017. – С. 250.

26. **Ерёмина Е.С.** Мониторинг изменений водного баланса Южного Сиваша по спутниковым снимкам / Е.С. Ерёмина, Л.В. Харитоновна // Сборник: Крым – эколого-экономический регион. Пространство ноосферного развития. Материалы I Международного экологического форума в Крыму, [Электронный ресурс]. – 2017. – С. 267–269.

27. **Ерёмина Е.С.** Современное состояние прибрежных водоемов Присивашья после перекрытия Северо-Крымского канала / Е.С. Ерёмина, Л.В. Харитоновна // Процессы в геосредах. – 2018. – № 3(17). – С. 58–59.

28. **Ерёмина Е.С.** Оценка изменения гидрологического режима водно-болотного угодья «Восточный Сиваш» / Е.С. Ерёмина, Е.Е. Совга // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Моря России: методы, средства и результаты исследований». – Севастополь: ФГБУН МГИ, 2018. – С. 242–243.

29. **Ерёмина Е.С.** Рекомендации по организации системы экологического мониторинга залива Сиваш в условиях перекрытия Северо-Крымского канала / Е.С. Ерёмина, Е.Е. Совга, Н.Н. Дьяков // Материалы Всероссийской научно-практической юбилейной конференции с международным участием, в сб. «Геоэкология и природопользование: актуальные вопросы науки, практики и образования, [Электронный ресурс]. – Симферополь, 2018. – С. 125–128.

30. **Ерёмина Е.С.** Моделирование гидродинамических процессов в мелководных водоемах на примере залива Восточный Сиваш / Е.С. Ерёмина, Т.В. Хмара // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Моря России: фундаментальные и прикладные исследования». – Севастополь: ФГБУН МГИ, 2019. – С. 73–74.

31. **Ерёмина Е.С.** Оценки стоков азово-сивашских вод в проливе Тонком / Е.С. Ерёмина, В.П. Евстигнеев // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Моря России: фундаментальные и прикладные исследования». – Севастополь: ФГБУН МГИ, 2019. – С. 194–195.

32. Совга Е.Е. Экспедиционные исследования в Восточном Сиваше за 2018 г. / Е.Е. Совга, **Е.С. Ерёмина** // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Моря России: фундаментальные и прикладные исследования». – Севастополь: ФГБУН МГИ, 2019. – С. 272–273.

33. Совга Е.Е. Динамика фитогенных берегов в заливе Сиваш по спутниковым данным / Е.Е. Совга, **Е.С. Ерёмина**, С.В. Станичный // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Моря России: исследования береговой и шельфовой зон». – Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ, 2020. – С. 475.

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук
Ерёминой Екатерины Сергеевны

Подписано к печати 10.03.2022 г. Формат бумаги 60×84 1/16
Объем 0,9 п.л. Заказ № 328 Тираж 100 экз.

Напечатано в типографии «КУПОЛ»
299053
г. Севастополь, ул. Муссонная, 46
Тел.: +7 978 784 66 32
kupol.sevastopol@mail.ru