

**Краткий отчет по гранту 23-27-00027 «Исследование климатической изменчивости термогидродинамического режима Каспийского моря по данным дистанционного зондирования на базе ЦКП "ИКИ-Мониторинг"».**

Руководитель гранта д.ф.-м.н., профессор Костяной А.Г.

В результате выполнения работ по проекту РФФ N 23-77-00027 «Исследование климатической изменчивости термогидродинамического режима Каспийского моря по данным дистанционного зондирования» (2023-2026) в 2023 году были получены следующие результаты:

- (1) Для определения температуры поверхности моря (ТПМ) был использован алгоритм, разработанный для прибора TIRS спутника Landsat-8 и внедренный в программный пакет ACOLITE: st10 и st11, где ТПМ рассчитывается по данным 10 и 11 каналов TIRS. Тестирование алгоритмов st10 и st11 показало, что для морской акватории полученные величины ТПМ хорошо согласуются с синхронными измерениями in-situ (для плуомов рек Терек и Сулак). Максимальная разница составила для st10 – 0,5°C, для st11 – не более 1°C. Сравнение спутниковых данных с измерениями in situ в дельте Волги показало, что данные TIRS Landsat-8 занижают температуру поверхности воды на 4–6 °С.
- (2) Для оценки точности определения ТПМ по данным Landsat-5 (1984-2012 гг.) и Landsat-7 (1999 – по н/вр.) впервые были использованы натурные измерения в Каспийском море в 2006 и 2008 гг при помощи дрейфующих буев, оснащенных датчиками температуры. Значения яркостной температуры Landsat Level 1, было на 2–9 °С, ниже фактической ТПМ. В среднем отклонение составило 5,04 °С. В среднем значения ТПМ из продукта Landsat Level 2 на 0,97 °С ниже, чем фактическая ТПМ.
- (3) Для определения мутности воды наилучшие результаты показали алгоритмы Dogliotti 2015 (Dogliotti et al., 2015) и Nechad 2015 (Nechad et al., 2015). Для малых (< 20 FNU) и для больших (> 80 FNU) значений мутности предпочтительней использовать алгоритм Dogliotti 2015, для остальных значений мутности – алгоритм Nechad 2015. В дельте Волги (разрез поперек Гандуринского канала) сравнение с натурными данными показало, что спутниковые данные занижают значения мутности примерно в полтора-два раза.
- (4) RGB-композиции спутниковых оптических изображений показали, что стандартный полноцветный композит MSI Sentinel-2 спектральных каналов: красный – 4-й (650–680 нм); зеленый – 3-й (542–577 нм); синий – 2-й (456–523 нм) не позволяет достоверно идентифицировать лед и отличить его от облачности или берега. Для MSI Sentinel-2 и OLI Landsat-8 предложены комбинации каналов, которые дают наилучший результат.
- (5) Анализ оптических и радиолокационных данных высокого пространственного разрешения показал, что для четкого определения зон осушки дна или затопления прибрежной зоны в результате сгонно-нагонных явлений необходимо использовать коротковолновые инфракрасные каналы. Использование радиолокационных изображений не позволили надежно выявлять зоны осушки дна или затопления берегов из-за специфики отражающей способности подстилающей поверхности.
- (6) Сравнение среднемесячных значений скорости приводного ветра по данным СВЧ–радиометров SMMR и SSM/I с данными реанализа MERRA-2 показало, что данные по ветру слабо коррелируют между собой. Это подтверждается и значениями средних величин. Для данных реанализа она составляет 2,49 м/с, а для данных СВЧ-радиометрии – 5,75 м/с.
- (7) Сравнение интегрального содержания водяного пара по данным СВЧ-радиометрии и общего количества осаждаемого водяного пара по данным реанализа MERRA-2 показало, что их распределения достаточно близки друг к другу, однако, средние величины существенно различаются.
- (8) Создана и зарегистрирована в ФСИС база данных «Основные метеорологические

параметры в регионе Каспийского моря по данным береговых метеостанций». База данных представляет собой выборку основных метеорологических параметров (атмосферное давление, температура воздуха, скорость ветра, влажность воздуха, сумма осадков) по данным 36 береговых метеостанций для региона Каспийского моря.

(9) Создана и зарегистрирована в ФСИС база данных «Параметры состояния атмосферы над регионом Каспийского моря по данным реанализа MERRA-2». База данных представляет собой выборку основных параметров состояния атмосферы (атмосферное давление на уровне моря, температура воздуха на высоте 2 м, скорость ветра на высоте 10 м, влажность воздуха на высоте 2 м, сумма осадков) из реанализа MERRA-2 для региона Каспийского моря ( $45.625^{\circ} \div 55^{\circ}$  в.д.;  $36^{\circ} \div 48^{\circ}$  с.ш., шаг  $0,625^{\circ}$  по долготе и  $0,5^{\circ}$  по широте).

(10) Создана и зарегистрирована в ФСИС база данных «Параметры состояния атмосферы над акваторией Каспийского моря по данным СВЧ-радиометрии». База данных представляет собой выборку основных параметров состояния атмосферы (скорость приводного ветра, интегральное содержание водяного пара, содержание водяного пара в облаках) по данным СВЧ-радиометрии для акватории Каспийского моря.

(11) Создана база данных спутника CFOSAT для Каспийского моря. Прибор SWIM (Surface Waves Investigation and Monitoring instrument) специально сконструирован для измерения параметров волнения в широкой полосе обзора (около 150 км) с возможностью восстановления пространственных спектров в диапазоне длин волн 30-500 метров.

(12) В 2023 г. в соответствии с планом работ по проекту: (1) выполнен обзор различных работ (руководящих документов, инструкций, статей, содержащих определения опасных явлений, комплекса опасных явлений, стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций, экстремальных явлений; (2) в соответствии с руководящими документами Российской Федерации и Республики Казахстан определены критерии опасных явлений для ряда метеорологических/физических параметров в Каспийском море (очень сильный ветер, высота волн, сгонно-нагонные явления, раннее появление льда); (3) выявлены некоторые противоречия в использовании терминологии опасных и других явлений и критериев опасных явлений; (4) подобрана литература по наблюдениям и моделированию упомянутых явлений.

(13) Для анализа экстремальности для всех параметров, входящих в созданные базы данных были построены их частотные распределения. Для атмосферного давления на уровне моря, температуры воздуха, абсолютной влажности, атмосферных осадков и скорости ветра было построено три распределения для данных над сушей, над морем и над регионом Каспийского моря в целом за временной интервал 1980–2021 гг. Рассчитаны критерии экстремальности по нормальному распределению (2 и 3 сигмы) и реальной гистограмме (1 и 99, 5 и 95, 10 и 90 процентиль) для 5 основных метеорологических параметров по данным реанализа MERRA-2 за временной интервал 1980–2021 гг.

(14) Согласован перечень параметров, рассчитываемых по данным спутниковой альтиметрии для Каспийского моря: аномалии уровня моря с учётом всех необходимых поправок, средняя высота морской поверхности, значимая высота волны, и скорость приводного ветра. Данные представляют собой вдоль трековые значения 1 сек осреднения и 10 Гц (для спутника TOPEX/Poseidon) и 20 Гц для спутников (Jason-1/2/3) для акватории Каспийского моря с сентября 1992 г по декабрь 2022 г. В соответствии с планом работ по Проекту, база данных спутниковой альтиметрии будет интегрирована в созданную информационную систему «See the Caspian Sea» ЦКП "ИКИ-Мониторинг" в 2025 году.

(15) По Договору № 156-223/ЕП-23 от 17 июля 2023 с Институтом космических исследований РАН, владельцем ОИ – ЦКП «ИКИ-Мониторинг», в 2023 г. ИКИ РАН создан специализированный спутниковый информационный сервис «See the Caspian Sea» (<http://caspien.geosmis.ru>), специально предназначенный для Каспийского моря на базе существующего сервиса «See the Sea», входящего в состав ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

(16) Результаты опубликованы в 3 статьях в высокорейтинговых журналах:

«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Scopus Q3), «Ecologica Montenegrina» (Scopus Q1), «Russian Journal of Earth Sciences» (WoS Q3, Scopus Q3). Три статьи опубликованы в Трудах VII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий» (РИНЦ). На трех международных конференциях сделано 8 устных и стендовых докладов, и опубликовано 5 тезисов докладов. В Федеральной службе по интеллектуальной собственности зарегистрированы три базы данных.

Ссылка на информационные ресурсы в сети Интернет:

[http://www.iki.rssi.ru/asp/dep\\_proj/proj\\_027.htm](http://www.iki.rssi.ru/asp/dep_proj/proj_027.htm)