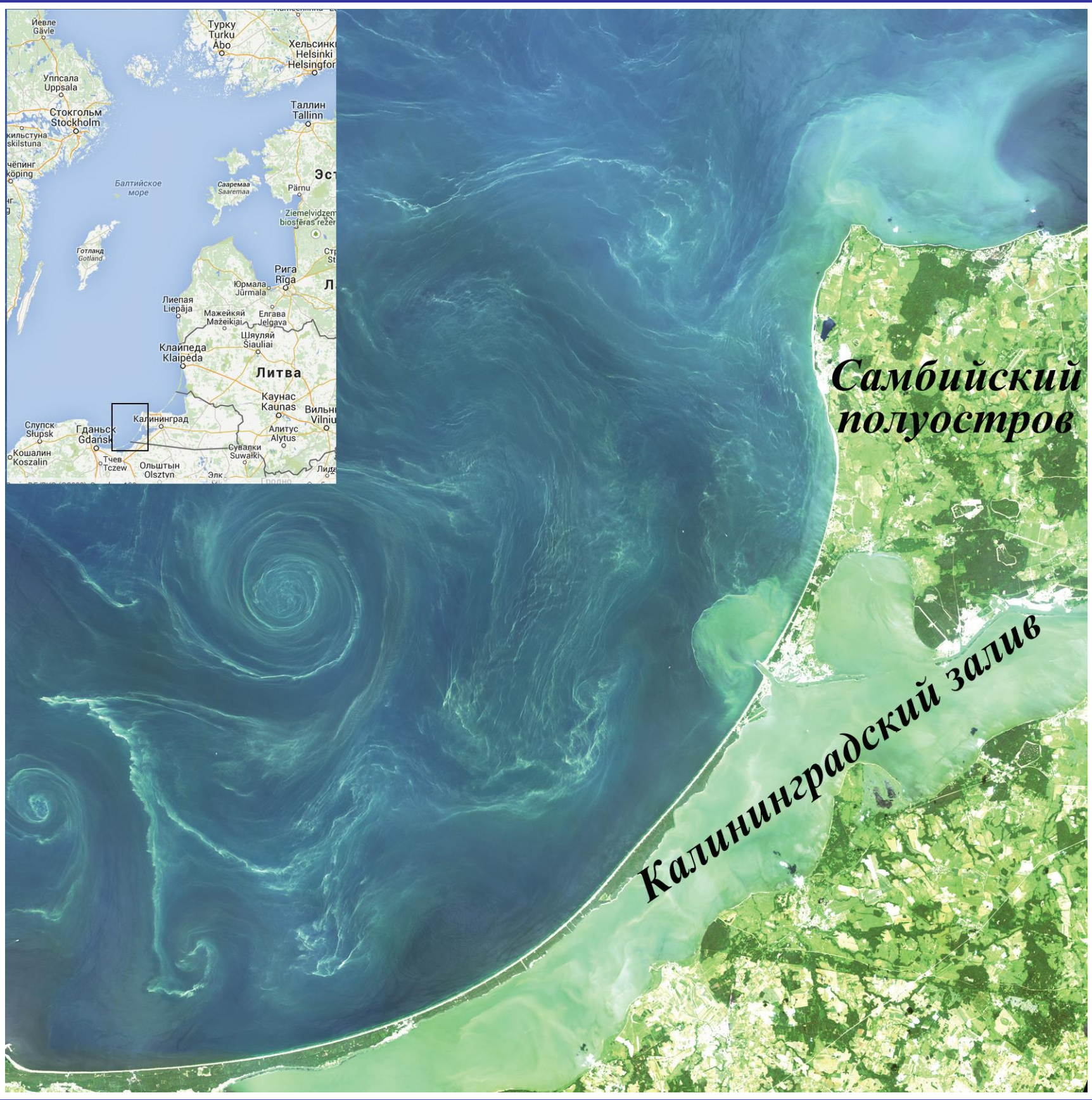




Классификация проявлений субмезомасштабных вихревых образований в прибрежной зоне Калининградской области по результатам спутникового мониторинга 2014 – 2024 гг.

Краюшкин Е.В., Князев Н.А.
Институт космических исследований РАН, box_evk@mail.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 24-27-00269,
<https://rscf.ru/project/24-27-00269>

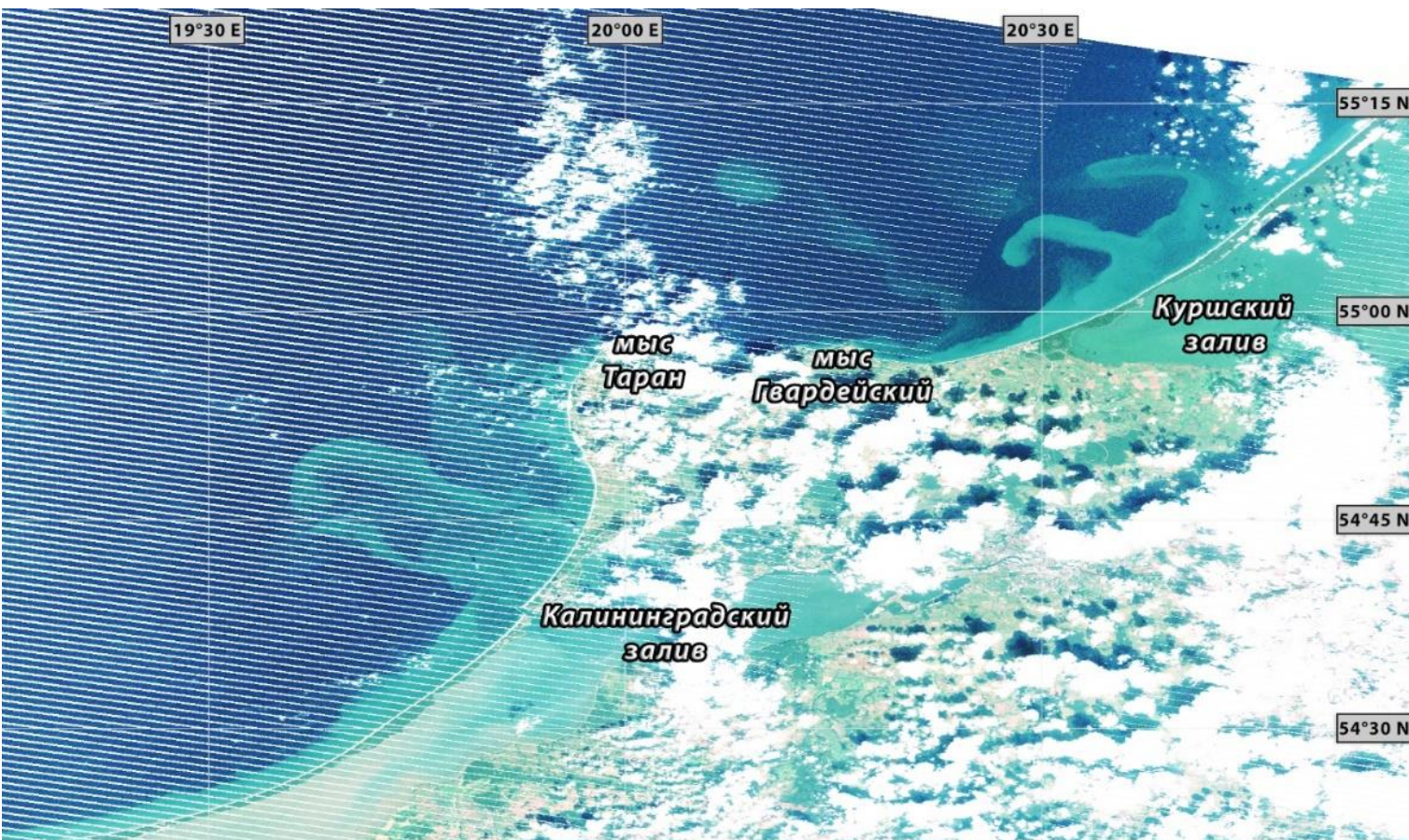
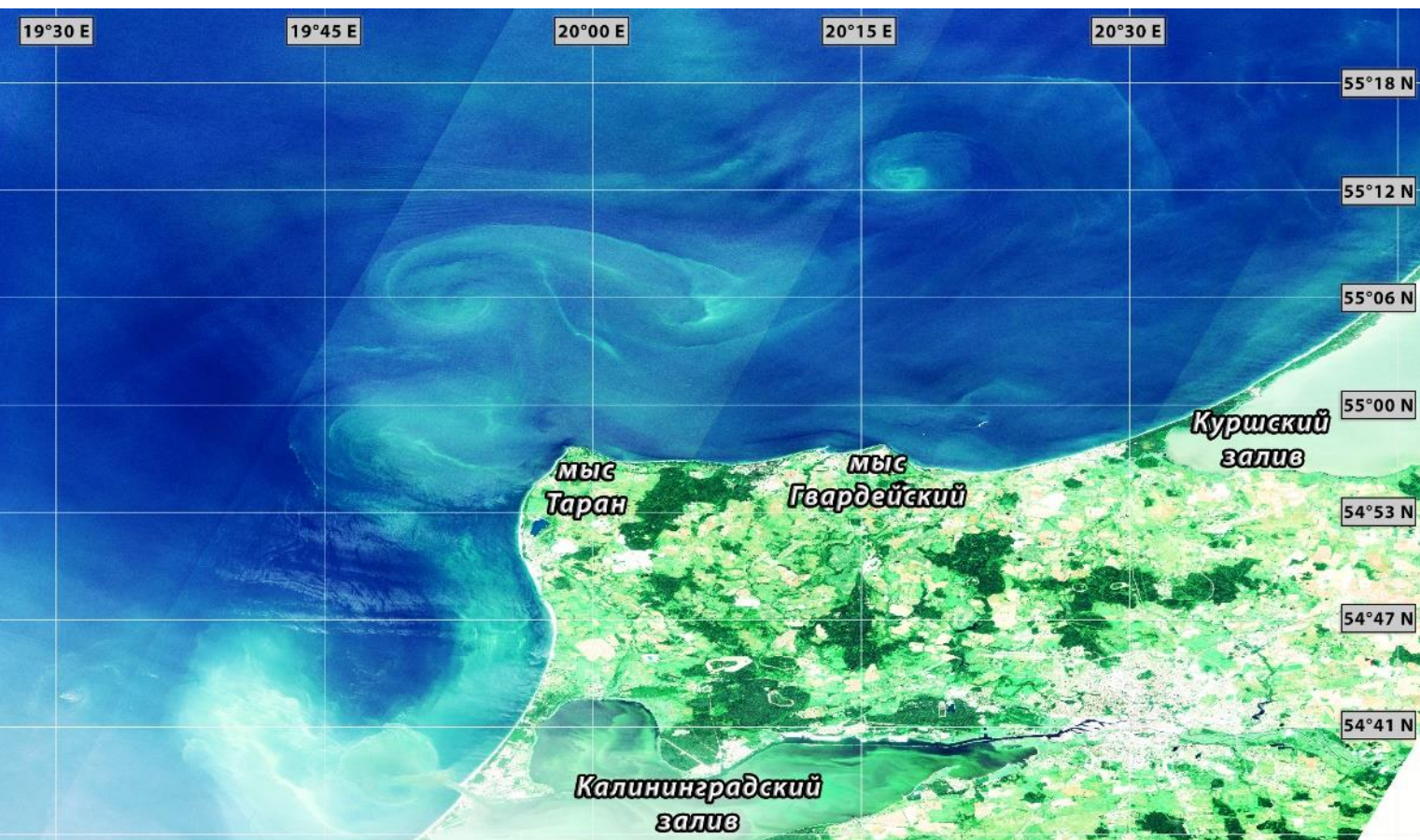
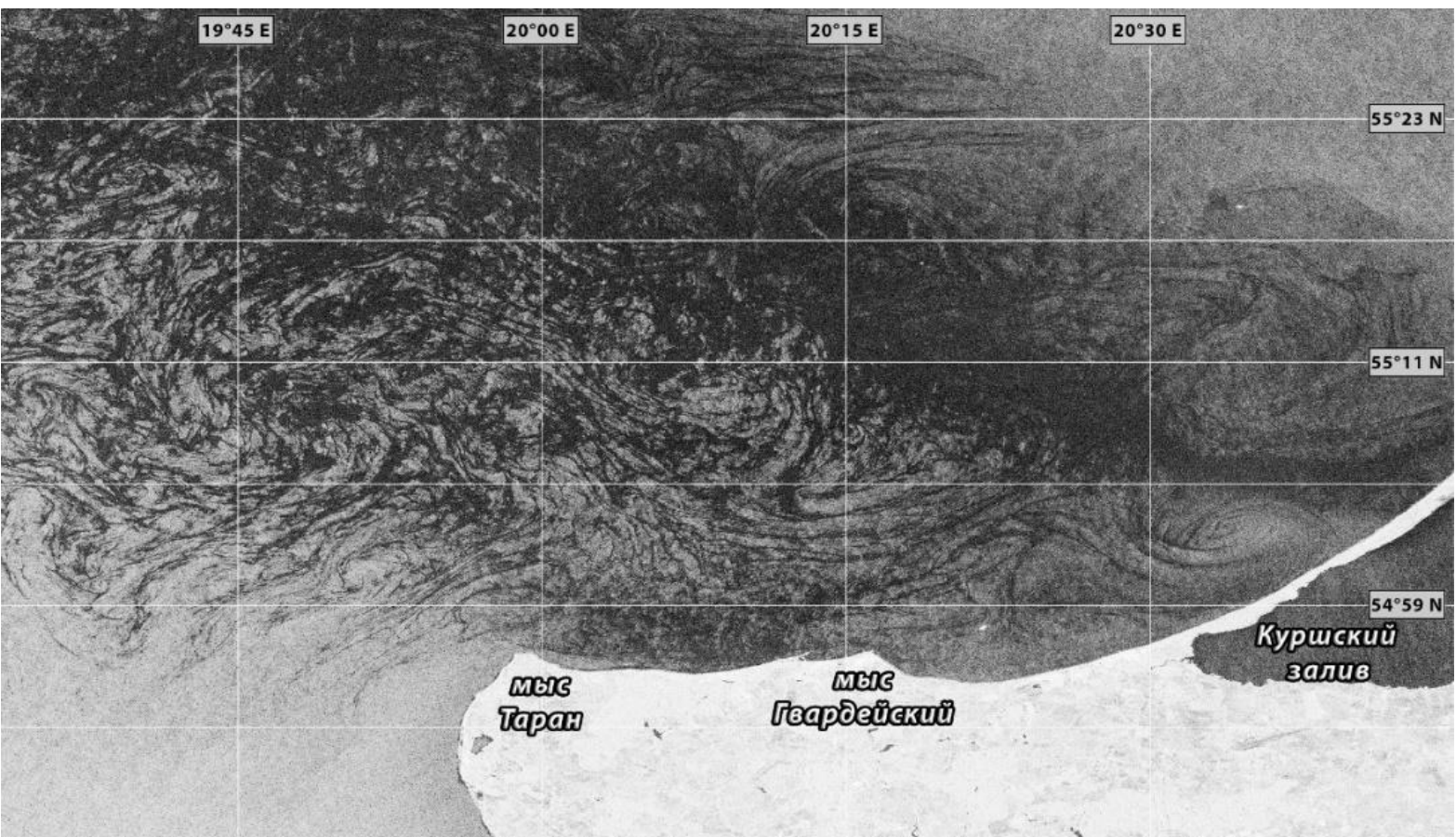
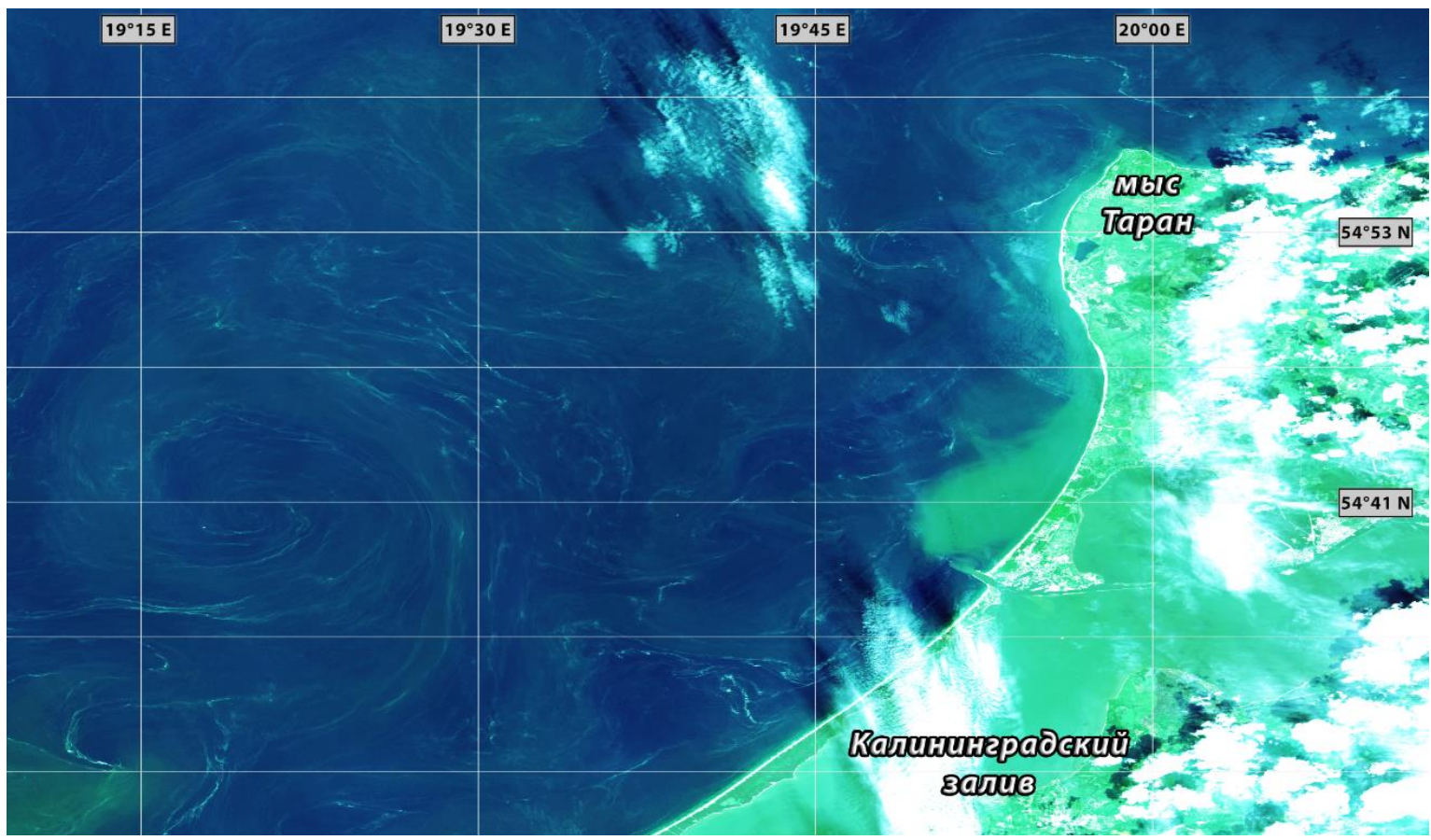


Одной из важнейших задач экологического мониторинга морей является не только выявление антропогенных и биогенных загрязнений морской среды, но и прогноз их распространения. Прогноз распространения загрязнений возможен только на основе детального знания всей совокупности гидродинамических процессов, характерных для района мониторинга. Наиболее сложными к исследованию динамическими процессами, активно участвующими в том числе и в распространении загрязнений являются субмезомасштабные вихревые процессы.

Одной из основных методик мониторинга поверхности моря на предмет обнаружения вихревых образований является дистанционный спутниковый мониторинг. В работе представлены результаты долгопериодного мониторинга прибрежной зоны юго-восточной части Балтийского моря по данным сенсоров высокого разрешения ETM+ Landast-7, OLI Landsat-8, MSI Sentinel-2A и MSI Sentinel-2B, работающих в оптическом диапазоне электромагнитного спектра, а также сенсора SAR Sentinel-1 в радиолокационной части электромагнитного спектра. В работе представлены результаты по особенностям встречаемости и классификации наблюдаемых вихревых образований в прибрежной зоне юго-восточной части Балтийского моря за период 2014 – 2024 гг.

Тип вихревого процесса	Регион встречаемости / условия формирования	Количество проявлений на оптических изображениях	Количество проявлений на радиолокационных изображениях
Антициклональный вихрь (реже диполь) при огибании выдающегося мыса	м. Таран при атмосферной циркуляции западных румбов	31	13
Грибовидный диполь или реже циклонический вихрь при огибании выдающегося мыса	м. Таран при атмосферной циркуляции восточных румбов	26	12
Антициклональный или циклонический вихрь при огибании выдающегося мыса	м. Гвардейский при атмосферной циркуляции западных румбов	11	8
Грибовидный диполь при огибании выдающегося мыса	м. Гвардейский при атмосферной циркуляции восточных румбов	7	5
Цепочка последовательных вихрей «пальцев» или единичный диполь у Куршской косы	Куршская коса при различном характере атмосферного воздействия	21	15
Вихри в открытом море (либо формирование в открытом море, либо отрыв от берега циклонической части гриба)	Открытая часть моря при различном характере атмосферного воздействия	33	46
Диполи, образующиеся на выносе вод из Калининградского залива	Гданьский залив при наличии мощного выноса вод из Калининградского залива	7	12
Циклонические вихри в районе поселка Янтарный	Район п. Янтарный при атмосферной циркуляции западных румбов	15	1

- В районе мыса Таран могут проявляться как циклонические, так и антициклонические вихревые структуры в зависимости от характера действующей прибрежной циркуляции. Существуют различия между характеристиками данных типов образующихся вихрей, а именно: циклонические вихри представляю собой более масштабные образования (средние характерные размеры которых варьируются в пределах 10-20 км), в то время как антициклонические вихри представляют собой структуры меньшего масштаба, характерные размеры до 10 км, а также, как правило, более прижаты к береговой линии.
- Вихревые процессы, образующиеся в открытой части моря и проявляющиеся в прибрежной зоне, могут представлять собой как отдельные ядра завихренности, чаще циклонической направленности, так и цепочку небольших циклонических или антициклонических вихрей, формирующихся на большой акватории, Пространственные масштабы вихрей открытого моря также существенно варьируются от первых километров в случае отдельных цепочек вихрей до образований диметром 30 км в случае больших устойчивых циклонических вихревых диполей.
- Следующей частой формой проявления вихревых процессов в исследуемом регионе являются вихревые диполи, образующиеся как в районе мыса Таран, так и восточнее - в районе м. Гвардейский. Вихревые диполи существенно отличаются по своим морфометрическим признакам от одиночных вихрей, так как в них, как в единой структуре, проявляются оба центра циркуляции (циклонический и антициклонический центры вращений на периферии), а также отчетливо проявляется «ножка» диполя, в которой, как правило, наблюдается течение, направленное от береговой линии в мористую часть.
- Еще одной отличной формой проявления вихревых процессов являются вихревые структуры, которые возникают на характерных косах и относительно ровных участках береговой линии в юго-восточной части Балтийского моря. Как правило формирование вихревых образований в подобных районах проявляется в виде характерных вытянутых в открытое море узких «пальцев», заканчивающихся ядром циклонического вращения. Подобные «пальцы» могут представлять собой как единичные проявления, так и последовательные цепочки до четырех отдельных вихревых образований.
- Отдельно выделенной формой образования вихревых процессов в исследуемом регионе являются вихри, формирующиеся выносом вод из Калининградского залива. Данные формы вихревых процессов проявляются существенно реже других типов и проявляются только в случаях активного выноса вод из Калининградского залива в акваторию Балтийского моря.



ВЫВОДЫ:

- Всего было выделено 8 классов типовых форм вихревых образований, имеющих отличительные морфометрические особенности и конкретный регион локализации.
- Наиболее часто встречающимися проявлениями вихревой активности в прибрежной зоне остаются вихревые процессы, формирующиеся в открытой части моря под действием широкого диапазона атмосферного воздействия (всего 79 проявлений). Подобные образования могут иметь широкий диапазон форм, пространственных масштабов и сроков жизни.
- Вихревые процессы, возникающие непосредственно у береговой линии, были разделены на 6 отдельных классов в зависимости от возникаемых характерных морфометрических форм и динамических условий их образования.