

# Крупномасштабные вихри в ледовом покрове Арктики □

Федоренко А.В. (ФГБУ “Гидрометцентр России” □)

По данным радиолокационных наблюдений ИСЗ OSCAT и QSCAT за ледовым покровом Арктики с 2010 по 2018 год были исследованы зоны распространения дрейфующего льда возрастом от остаточного до многолетнего в течении каждого из восьми ледовых сезонов. На рис. 1 зоны остаточного дрейфующего льда, толщиной от 2 м и более выделены красным контуром, в исходных изображениях, для повышения четкости, была “растянута” гистограмма яркости пикселей. На обработанных снимках хорошо заметна как волнистые контуры массивов дрейфующего льда, так и перемещение наиболее крупных ледовых массивов по часовой стрелке из Канадского сектора Арктики на запад, к Гренландии. После обработки снимков были выявлены районы Арктики, через которые чаще всего распространяются крупные массивы дрейфующего льда с востока на запад. Эти районы представлены на рис. 2. Были оценены скорости перемещения ледовых массивов в каждом районе. Полученные скорости перемещения представлены в виде графика на рис. 3.

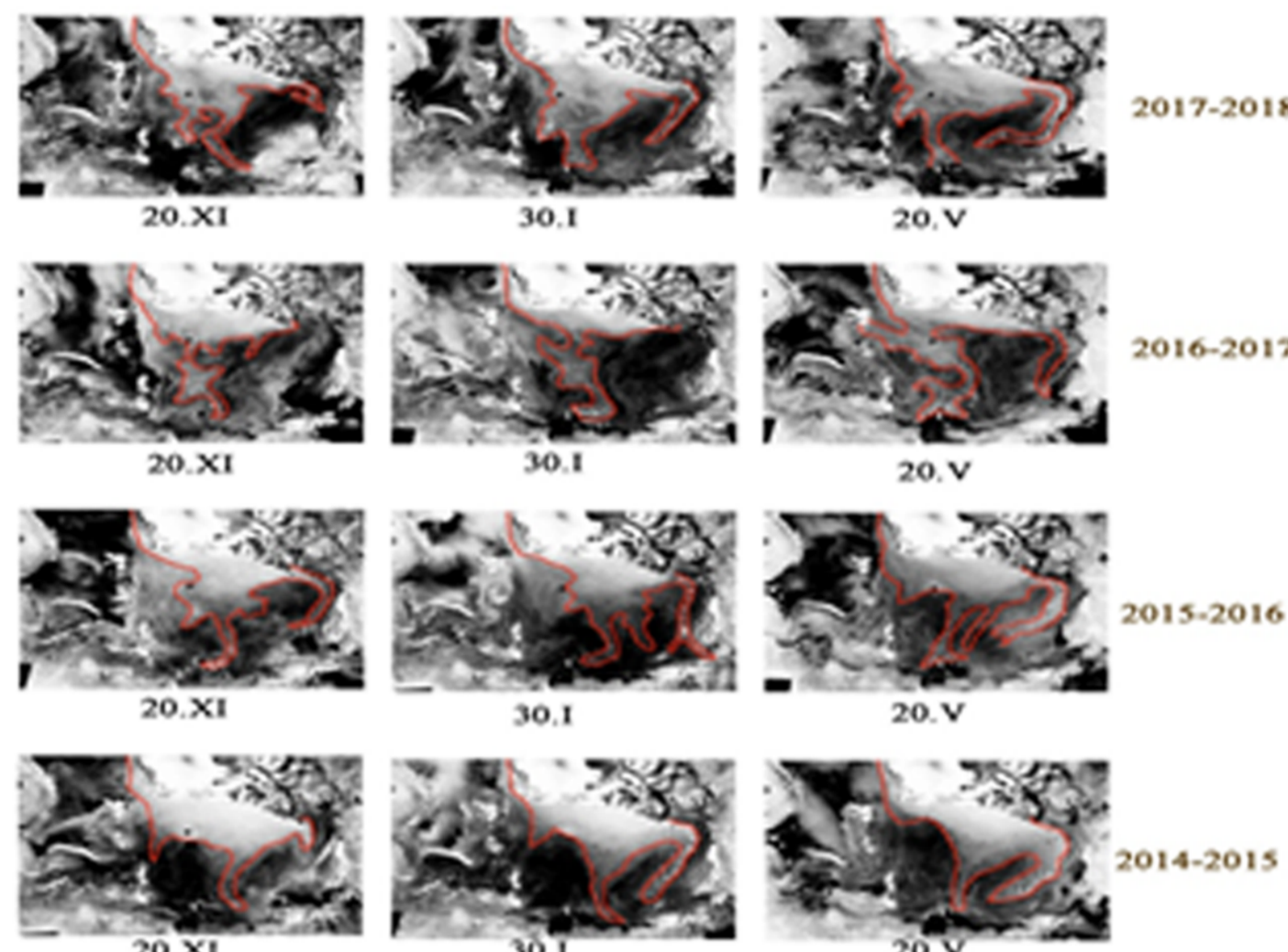


Рис.1 Кромки остаточного дрейфующего льда в арктическом бассейне за 2014-2018 гг.

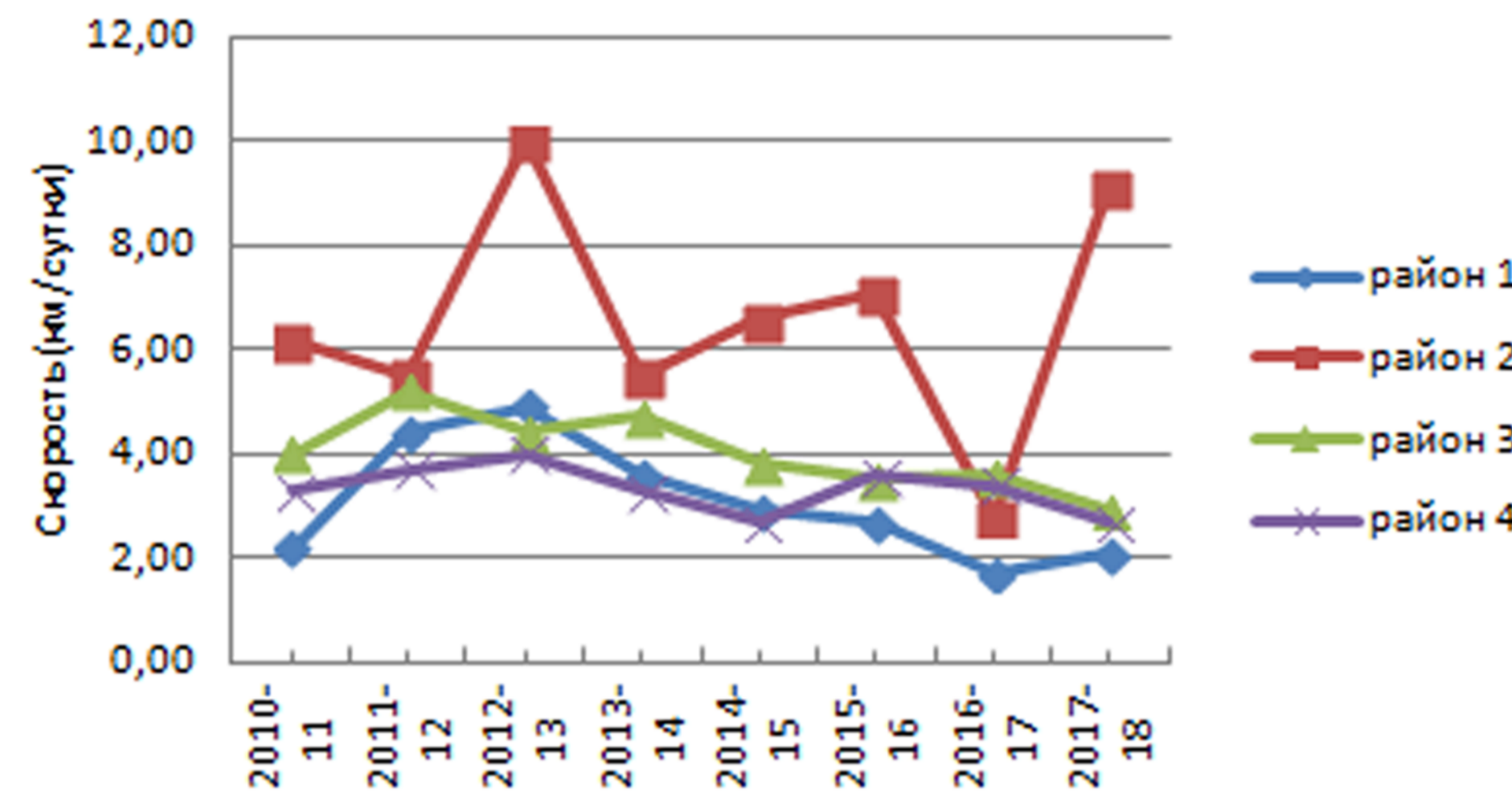


Рис.3. Скорости перемещения крупных ледовых массивов в Арктике по годам

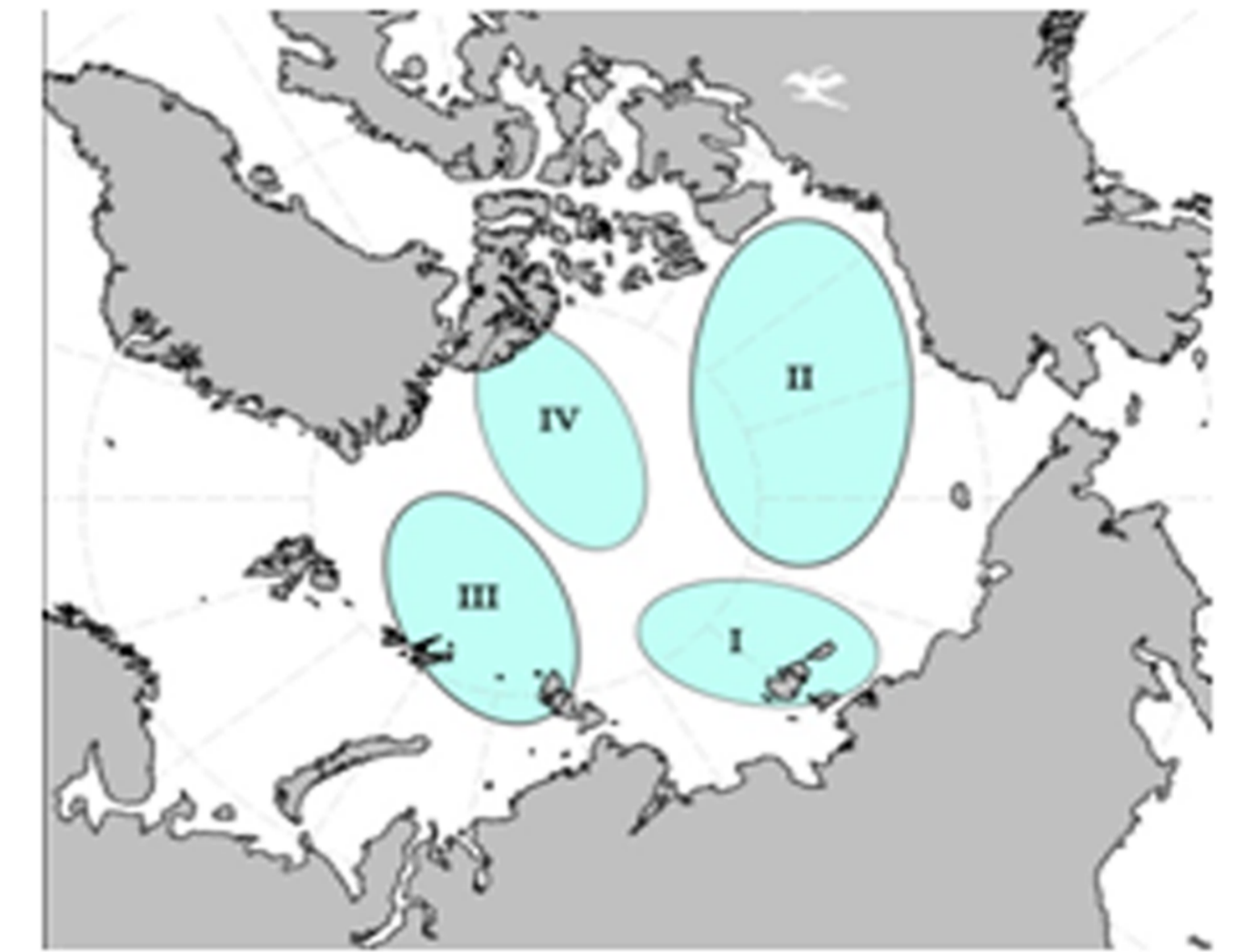


Рис.2 Наиболее репрезентативные районы Арктики.

На фоне остальных районов Арктики, где скорости перемещения ледовых массивов (или их ответвлений) составляют 2-4 км/сутки, выделяется районы Канадского сектора Арктики и севернее о. Врангеля (IV), там скорости перемещения льда составляют около 6 км/сутки, и в отдельные сезоны 9-10 км/сутки. Хорошо заметны усиления выноса остаточного и многолетнего дрейфующего льда в сезоны 2012-13, 2015-16 и 2017-18 гг., между которыми скорости выноса льда снижаются. По продолжительности (учитывая грубость визуальной оценки расположения ледовых массивов) обнаруженные усиления выноса имеют периодичность, близкую к хорошо известному квазидвухлетнему циклу. На рис.4 показана схема циркуляции поверхностных вод в Арктическом бассейне. На рис.4 цифрами обозначены: 1) Антициклоническая циркуляция вод Арктического бассейна; 2) Транс-Арктическое течение; 3) Восточно-Гренландское течение; 4) Западно-Исландское и Восточно-Исландское течения; 5) Норвежское течение; 6) система циклонических течений в Северо-Европейском бассейне; 7) течение Норд-Кап; 8) Шпицбергенское течение.

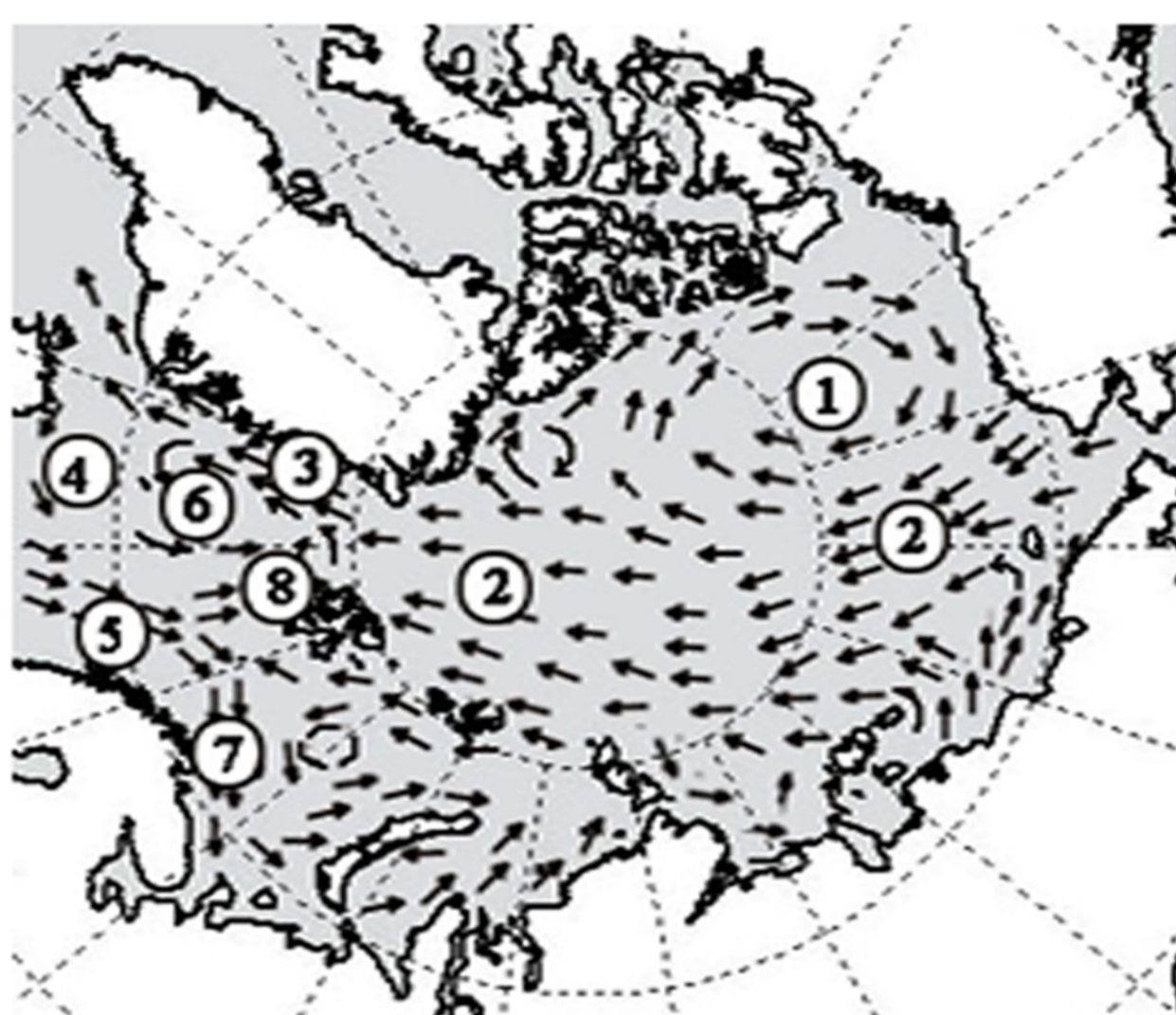


Рис.4 Схема поверхностных течений в Арктике

Поля распределения средневзвешенной толщины льда совместной модели морского льда – океана НУСОМ/СИСЕ Датского метеорологического института 28.05.2013 - 28.05.2018 гг.

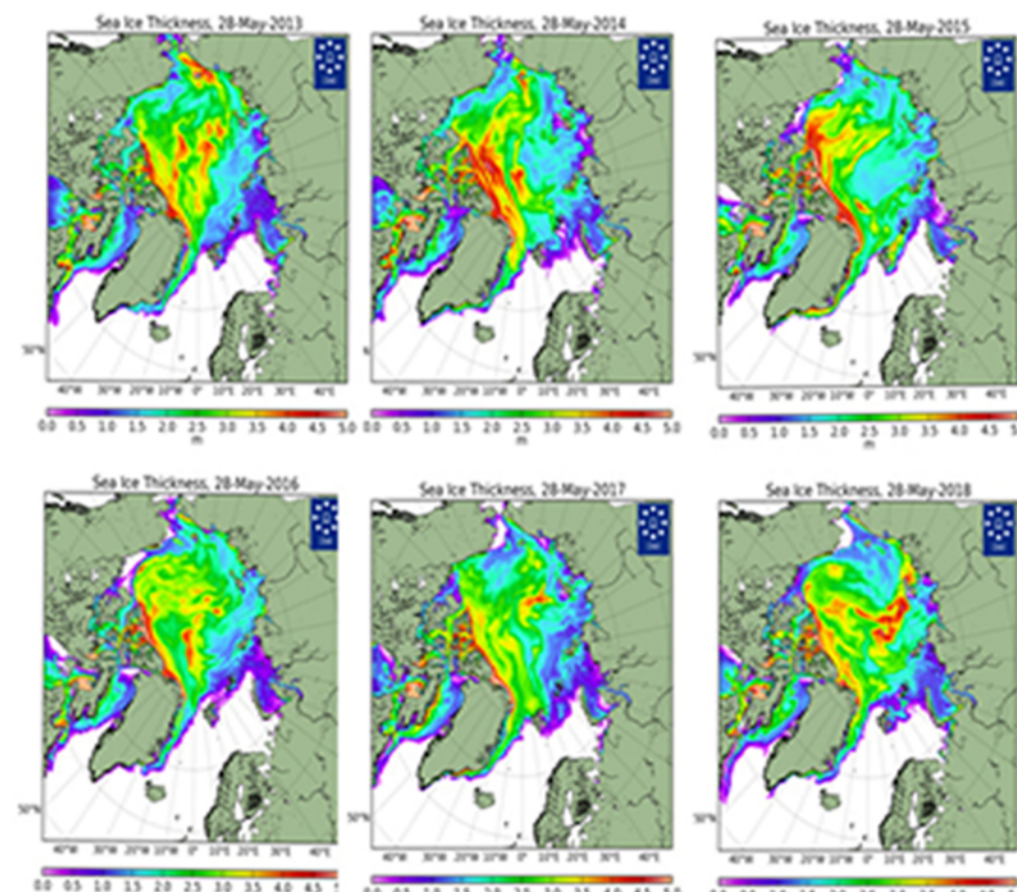


Рис.5 Распределение льда в Арктике в мае за 2013-2018 гг.

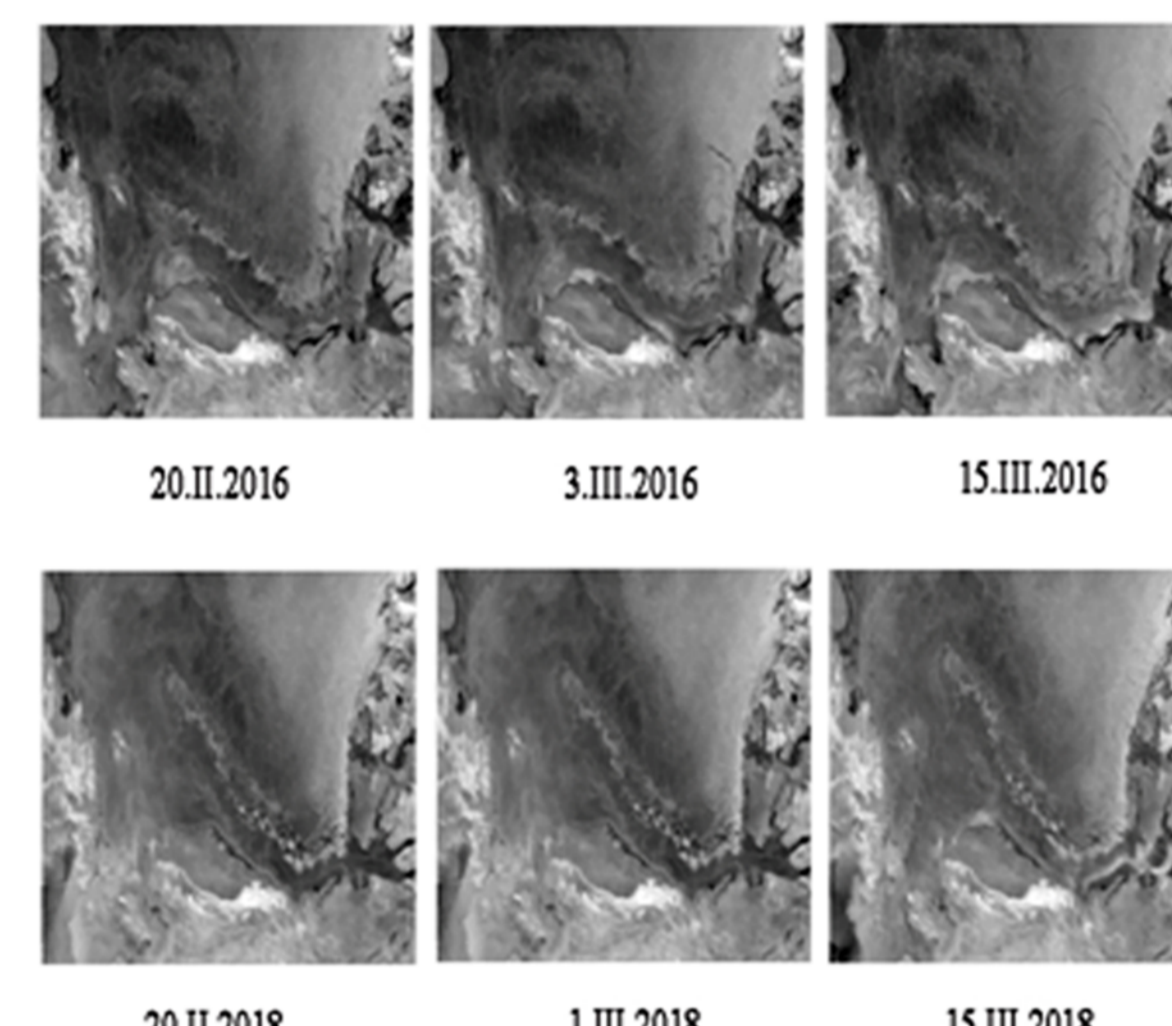


Рис.6 Схема поверхностных течений в Арктике



Рис.7 Карта рельефа дна Чукотского и Восточно-Сибирского морей

Согласно рис. 4 лед из Гренландского ледового массива выносятся на юг по ветви арктического антициклона, попадает в систему Транс-Арктического течения, при этом части этого массива могут выносятся в Берингово море, влияя на ледовитость моря в весенний период. По Транс-Арктическому течению лед выносятся частично в Восточно-Гренландское течение и в Северную Атлантику, но большая часть возвращается к северному побережью Гренландии. Согласно полученным скоростям перемещения льда полный цикл занимает 2-3 года. Можно предположить, что в годы усиления Антициклонической циркуляции на востоке Арктики количество многолетнего дрейфующего льда у побережья Гренландии уменьшается, значительная его масса распределена от Аляски до районов Арктики севернее Северной Земли. Действительно, согласно данным Датского метеорологического института изменение площади сплоченного многолетнего льда у побережья Гренландии имеет пульсирующий характер. Помимо ветровых и океанических течений на скорость дрейфа льда оказывает влияние рельеф дна. На рис.6 показаны радиолокационные изображения полосы дрейфующего выносимого из Канадского сектора Арктики в 2016 и 2018 гг. В 2016 полоса выносимого льда была направлена к о. Врангеля. К 3 марта передняя часть этой полосы замедлила движение на запад, но части полосы восточнее долготы Берингова пролива продолжали перемещаться на запад с прежней скоростью, в результате полоса льда в районе к северо-востоку от о. Врангеля 15 марта распалась на две ветки, одна оказалась прижата к побережью о. Врангеля, другая продолжила движение на запад. В 2018 году зона выносимого дрейфующего льда прошла севернее траектории наблюдаемой в 2016 году. При этом на долготе о. Врангеля передняя часть зоны льда также замедлила движение, восточнее нее лед продолжал двигаться с прежней скоростью, произошел “разлом” полосы в виде небольшого волнового возмущения. Возможная причина возмущений в потоке льда – рельеф дна, к северо-востоку и северу от о. Врангеля наблюдаются многочисленные отмели (рис.7), глубины над которыми составляют от 20 до 30 м, в окрестностях отмелей – 50-60 м. В течениях вод над отмелями возникают вихри, которые замедляют движение льда, при этом лед находящийся к востоку от отмелей движется с прежней скоростью, в результате вихревое движение передается уже ледовому потоку в виде зон разрежений.

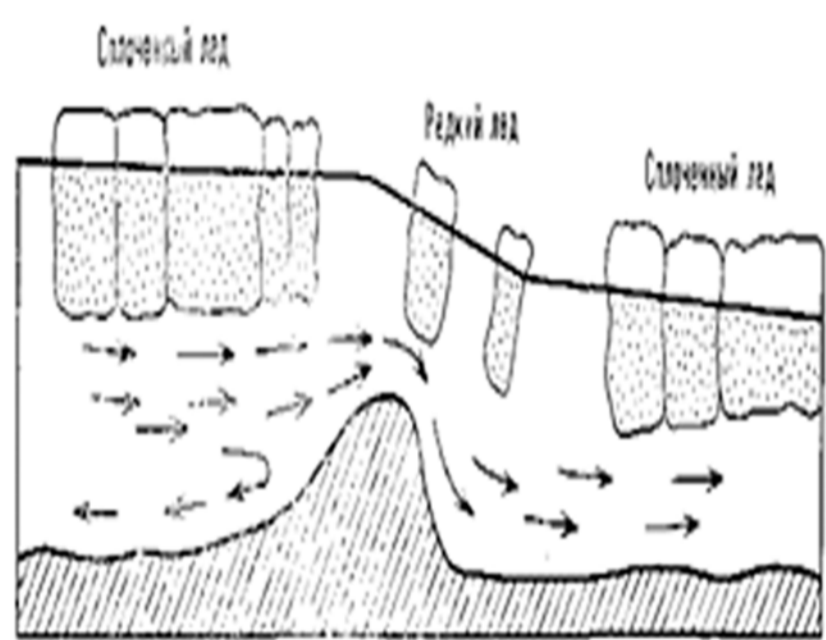


Схема влияния отмелей на дрейфующий лед (взято из: <http://bezogr.ru/lociya-na-vvp-zemlyanovskij-glava-1-vnutrennie-vodnie-puti.htm>)

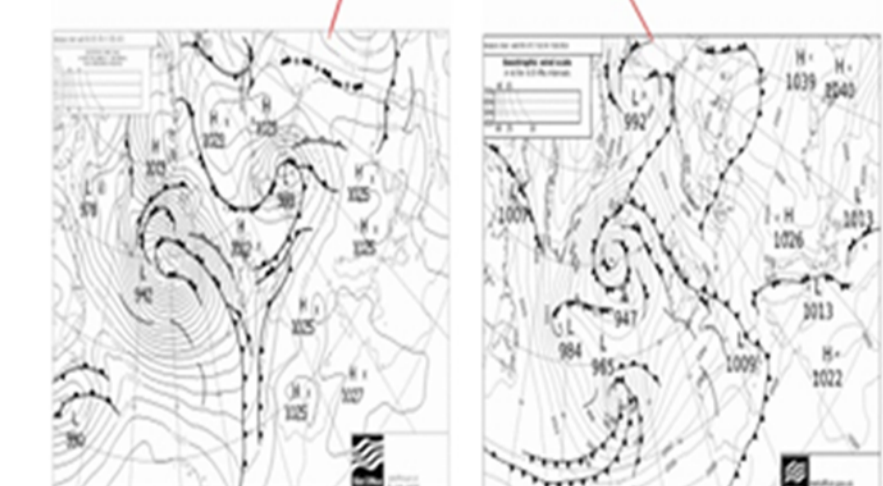
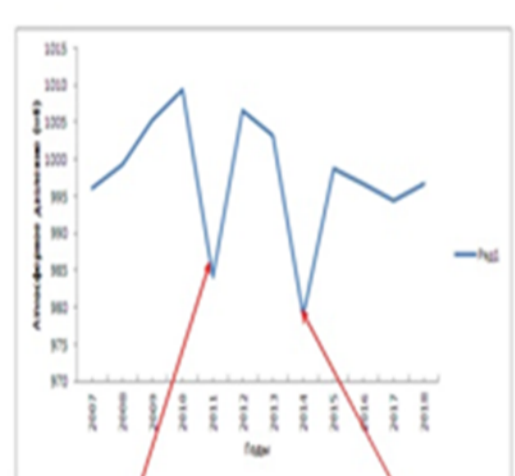


Рис.8 Средние значения атмосферного давления в феврале западнее о. Исландия и типичные штормовые ситуации в Северной Атлантике.

На рис.8 показан график среднемесячных значений атмосферного давления в точке 60° с.ш. и 30° з.д. (Северная Атлантика) за февраль с 2007 по 2018 г. Красными стрелками показаны штормовые ситуации, наблюдаемые в Атлантическом океане при наиболее низких среднемесячных значениях атмосферного давления когда скорость ветра превышала 30 м/с, а высота волн 8-12 м. Согласно графику на рис 8 наименьшее атмосферное давление в феврале западнее о. Исландия наблюдались в 2011, 2014, 2017гг. Это совпадает с наименьшими скоростями перемещения дрейфующего льда в системе арктического антициклона. Следовательно, чем меньше скорости перемещения льда в Арктике, тем больше площадь занимают очень сплоченные и толстые льды у побережья Гренландии. сильнее выхолаживается воздух в Канадском секторе Арктики и интенсивнее развивается антициклоническая циркуляция в нижней и средней тропосфере. выхолаженный воздух стекает по ледяному щиту Гренландии на акваторию Северной Атлантики, вызывая углубление проходящих циклонов. Спустя месяц эффект проявляется в циклонах на северо-западе Тихого океана, когда происходит усиление Сибирского антициклона и на океан усиливается проникновение холодного континентального воздуха. Усиление циклонической циркуляции в Канадском секторе Арктики приводит к усилению выноса дрейфующего льда на юг и на запад, что в следующем сезоне приводит к ослаблению антициклона и уменьшению штормовых ситуаций в Атлантике и Тихом океане

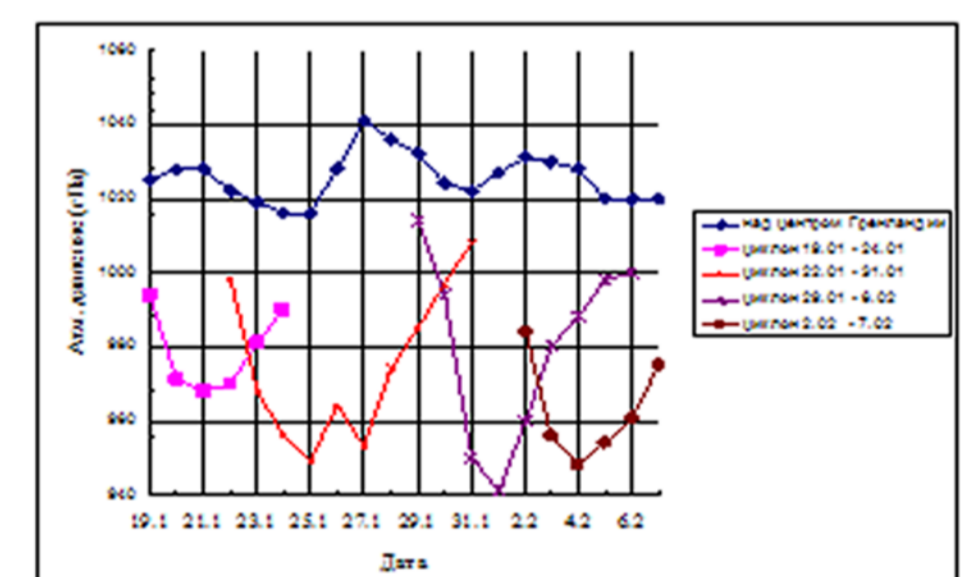


Рис.9 Углубление серии циклонов в Северной Атлантике в 2014 г. И ход атмосферного давления в центральной части Гренландии

## Выводы

**Скорость перемещения крупных массивов дрейфующего многолетнего льда в Арктике составляет от 2-4 до 8-10 км/сутки**  
**Скорость выноса льда из Канадского сектора Арктики влияет на площадь многолетнего сплоченного льда у побережья Гренландии**  
**Площадь многолетнего сплоченного льда у побережья Гренландии влияет на антициклональную деятельность тропосферы над Арктикой**  
**Антициклоны Арктики, а также выносы многолетнего льда в Атлантический и Тихий океаны определяет количество штормовых ситуаций**  
**Распределение многолетнего льда в Арктике может быть одной из причин квазидвухлетнего цикла в циркуляции атмосферы Северного полушария.**