

Формирование термохалинной структуры вод вблизи Самбийского полуострова.

Е.В. Колтовская¹, О.А. Зувев²

¹Московский государственный университет им. Ломоносова

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

В начале августа 2016 г. состоялась учебно-научная экспедиция в рамках комплексных исследований прибрежных вод Калининградской области по проекту Русского географического общества и РФФИ (проект №13-05-41374 РГО_a). В экспедиции принимали участие студенты и сотрудники трех ВУЗов, выпускающих студентов морских специальностей: Московского государственного университета (кафедра океанологии), Балтийского федерального университета (кафедра географии океана) и Московского физико-технического института (кафедра термогидромеханики океана). На картосхемах изображены разрезы, сделанные за время экспедиции.

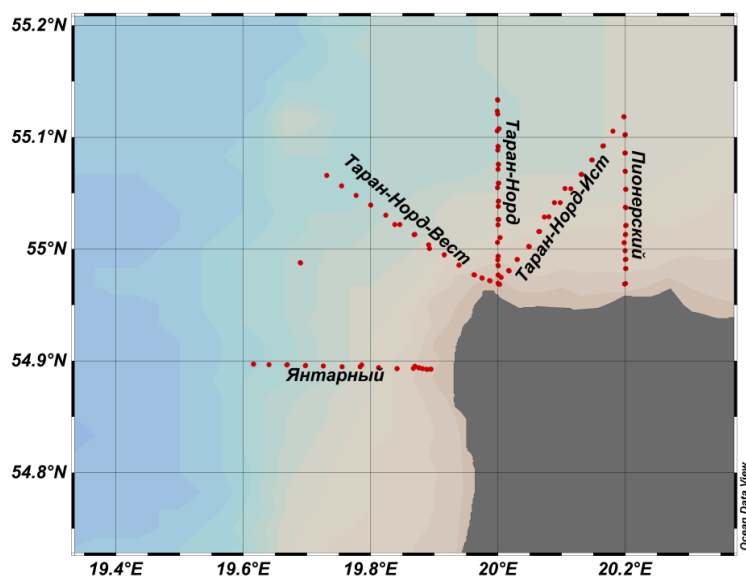


Рис.1.а

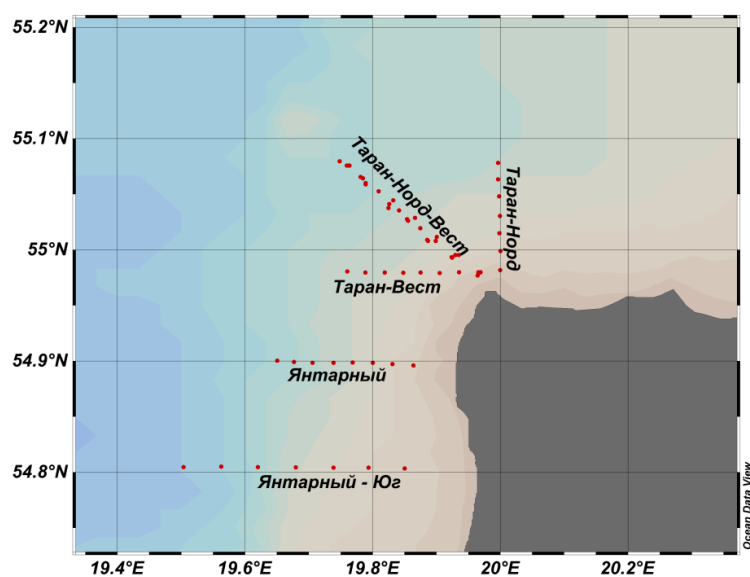


Рис.1.б

Рис.1 Исследования, сделанные в экспедиции с 1 по 15 августа 2016 г (а). Схема сделанных разрезов совместно с ИКИ до 30 июля (б).

Разрезы *Таран-Норд*, *Таран-Норд-Вест* и *Таран-Вест*, были выполнены 23.07 и 24.07. Распределение температуры и солености на них весьма схожи и имеют общие черты, которые описаны по разрезу *Таран-Норд*.

Устойчивой стратификации вод способствовала штилевая погода, при средней скорости северо-восточного ветра 1-3 м/с. Нормальные составляющие скорости течения были невелики (от 0 до 0,1 м/с). Квазиоднородный верхний слой, характеризующийся температурой 16-18 °С и соленостью 7,2-7,4 епс, продолжался до глубины 20-30 м. На разрезе *Таран-Норд* верхний слой в распределении солености простирается до 40 м, при этом соленость однородна от берега к мористой части. Затем начинался термоклин, залегающий на глубинах 30-45 м, где температура монотонно опускается с 15 до 6 °С. ХПС залегает ниже 35-40 м и имеет характерные значения температур и солености 5-6 °С и 7,6-9,5 епс соответственно.

28.07 на разрезе *Таран-Норд-Вест* в поле скоростей течений у берега преобладал южный перенос с увеличившимися нормальными составляющими скорости до 0,3 м/с. Возникает галоклин на глубинах 60-80 м, и максимальные значения солености у самого дна повышаются до 10,5 епс. Отмечалась повышенная температура в подповерхностном слое – выше 20 °С. В этот день температура воздуха была выше на 1-1,5 °С, чем в предшествующие дни, что и сказалось на распределении температуры в водной толще.

29.07 был выполнен единичный разрез *Янтарный-зюйд*. Поверхностная температура возросла до 22 °С, по сравнению с прошедшими днями, соленость осталась равной 7,2 епс близ берега и 7,4 епс в мористой части разреза. Значительно уменьшилась толщина верхнего квазиоднородного слоя, как в распределении солености, так и температуры. При этом термоклин поднялся до 20 м, а большую часть водной толщи (от 35 м) заняли холодные (5-7 °С) и соленые (до 13 епс) придонные воды. Тяжелые соленые воды на глубине явно обязаны своей природой затокам североморских вод, что и подтверждает зафиксированное в тот день течение с нормальной составляющей скоростей до 0,3 м/с ближе к береговой части в южном направлении. ХПС они вытесняют вверх, до глубин 40-60 м. В его ядре температура равна 5 °С, а у дна вклиниваются воды чуть теплее 6 °С с соленостью больше 13 епс североморского генезиса.

30.07 были произведены разрезы *Таран-Норд-Вест* и *Таран-Вест*. Распределение температуры и солености на этих разрезах имеют отличия. На разрезе *Таран-Вест* температура в поверхностном слое до 20-25 м изменяется от 20 до 16 °С. Термоклин залегает на глубине от 30 до 40 м, температура в нем, как и на прежних разрезах, изменяется от 15 до 6 °С. Придонная температура не опускалась ниже 5 °С. Горизонтальный градиент солености отсутствует, от поверхности ко дну она изменяется от 7,2 до 9 епс.

В этот день произошла смена ветра с юго-западного на западный, из-за чего изогалины приобрели волнистую форму. В поверхностном 35-метровом слое она выражена, ниже слоя термоклина устанавливается устойчивая стратификация. Это объясняется течением с нормальной составляющей 0,2-0,3 м/с, равномерным в поверхностном слое и имеющим слабое противотечение в придонном слое.

На разрезе *Таран-Норд-Вест* диапазоны температуры и солености те же, что и на предыдущем: соленость изменяется от 7,2 до 9 епс, температура - от 20 до 5 °С, равномерно распределенных по глубине с термоклином на глубине от 20 до 35 м. В целом, изгибы изохалин, как и ранее, связаны с несильным, но постоянным южным переносом вод около берега.

10.08 разрез *Таран-Норд* был повторен. К этому времени ветер значительно усилился (среднесуточный до 6 м/с), первые недели августа преобладала штормовая погода. По сравнению с 23.07 температура увеличилась у поверхности на 1 °С.

Схожие картины температур и солёности на разрезах *Пионерский* и *Таран-Норд-Ист*. Это закономерно, потому что все три разреза были произведены в форме «бабочки» у северного побережья Самбийского полуострова. На всех разрезах, выполненных в этот день, можно наблюдать горизонтальный градиент солёности, выраженный у берега и менее резкий к морской части разреза. Минимальные значения солёности приурочены к поверхностной, ближней к берегу области, и составляют 6,7 епс на разрезах Таран-Норд-Ист и Таран-Норд. Градиентный слой солёности продолжается до глубин 35-40 м. По всей вероятности, на появление градиента солёности повлияло мощное течение с нормальной составляющей скоростей до 0,8 м/вдоль северного побережья Самбийского полуострова. Оно принесло распреснённые воды реки Преголь, сток которой значительно увеличили ливневые осадки, наблюдавшиеся с 6 по 12 августа.

Сильное течение было однородно по всей толще, из-за чего мощность ХПС значительно уменьшается - до 10 м (до 20 м на разрезе *Таран-Норд*) на глубине 40-50 м. Значения солёности в нижележащих слоях 7,8-8 епс, наблюдается слабая стратификация на всех разрезах. По температуре верхний перемешанный слой находился под воздействием усилившегося ветра (до 8 м/с порывами), а потому увеличился до глубин 25-30 м и максимальная температура была в пределах 19 °С, на что повлияли пониженные температуры воздуха (до 15-16 °С). Температура на верхней границе термоклина составляла 18 °С. Он продолжался до глубин 40 м, где температура равно 8-7,5 °С. Самый мощный ХПС наблюдается на разрезе Таран-Норд: в нём температура достигает минимальных 5 °С на глубине, большей 55 м. На остальных разрезах меньшие глубины (до 50 м), и потому в ядре ХПС температура не опускается ниже 6 °С.

12.08 был в последний раз повторен разрез *Таран-Норд-Вест*. Ветер стал преимущественно западным со среднесуточной скоростью 6 м/с с порывами до 8 м/с. Наклон изогалин близ берега совпадает с изотаксами на том же разрезе, следовательно, градиент солёности возникает из-за вдольберегового течения, усилившегося под воздействием ветра (до 0,3 м/с). Термоклин опустился на 10 м по сравнению с 23.07.16 и находился на глубинах 30-40 м, где температура изменяется от 18 до 6 °С. Ниже 60 м имеет место воздействие североморских вод, ограничивающее понижение температуры и увеличивающее частоту изогалин. Здесь воды стратифицированы до самого дна. По сравнению с распределением температуры на этом разрезе 23.07.16 была ниже на 1 °С у поверхности, верхняя граница термоклина залегала на 5 м выше. Отсутствовал горизонтальный градиент солёности и при устойчивой стратификации её значения в верхнем слое были больше на 0,5 епс. Солёность придонных вод была меньше на 0,4 епс.

Подобная картина наблюдается на разрезе *Янтарный*, выполненный так же 12.08.16. Изменения солёности в слое до 40 м в диапазоне 6,6 – 7,3 епс. От берега к морю она возрастает от 6,6 до 7,2 епс. У дна солёность достигает 10 епс. Температура не превышает 19 °С на поверхности. Термоклин занимает слой около 10 м на глубинах 30-40 м. У дна изотерма 5 °С отсутствует, несмотря на большие глубины (80 м) минимальная температура в ХПС равна 6 °С, по сравнению с разрезом *ТараНорд-Вест*. Вероятно это связано с тем, что на последнем отсутствует придонный перенос в отрицательном (то есть в южном) направлении.

Как было установлено в прошлых экспедициях, циркуляция и синоптические условия – это не все, что формирует термохалинную структуру вод. В ходе исследований в указанном районе было обнаружено большое количество неровностей дна различного масштаба. Ступенчатость подводного рельефа выражена здесь в виде расположенных на различных глубинах отдельных банок, возвышенностей и плато, разделённых структурными уступами (глинтом).

Наиболее крупная форма рельефа в исследованном нами районе - подводная гора, расположенная на северо-западе от мыса Таран, с вершиной на глубине 61 м, с ассиметричными склонами: западный и северный более крутой - превышение около 30 м, восточный и южный более пологий - превышение около 15 м. Ее существование подтверждают различные источники батиметрических данных (рис. 3.)

По данным литературных источников гора находится в зоне абразионной равнины, осложненной реликтами наземного аккумулятивного или эрозионного рельефа. Поверхность дна между уступами имеет преимущественно мелко-холмистый характер, обусловленный наличием реликтов ледникового рельефа. Местами имеются локальные понижения дна, заполненные рыхлыми осадками мощностью до 5-10 м., следовательно, описанный район следует относить к моноклинной ступенчатой равнине с реликтами ледниково-аккумулятивного рельефа, одним из которых и является, по всей видимости, указанная гора. Вероятно, материал, из которого она сложена это смешанный среднезернистый песок местами с гравием, а также мелкозернистый песок вперемешку с гравием и камнями.

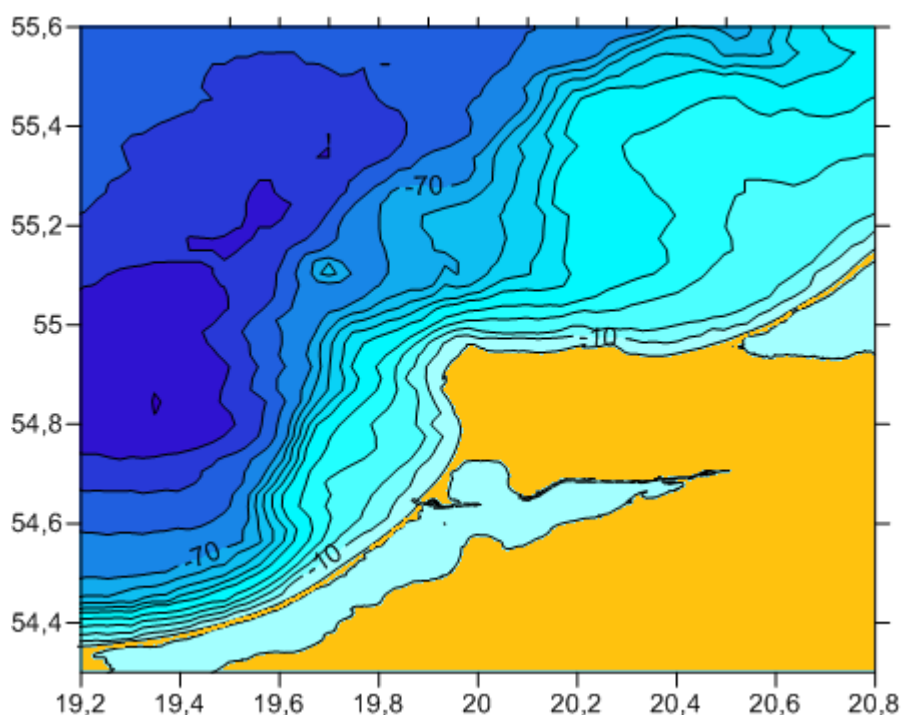


Рис.3. Батиметрическая карта района исследований

Предположительно рельеф должен вносить изменения в распределение температуры и солёности. Это мы и наблюдали на разрезе, выполненном в прошлой экспедиции в 2014 г. Гора делит холодный промежуточный слой на два ядра. На южном склоне горы задерживаются более солёные и теплые воды, обязанные своим происхождением адвективным процессам переноса Североморских вод.

В 2016 г. погодные условия не позволили выйти в экономические воды, и потому новых данных о термохалинной структуре вокруг подводной горы у нас нет. Ниже приведен маршрут судна для исследования этого района в будущих экспедициях.

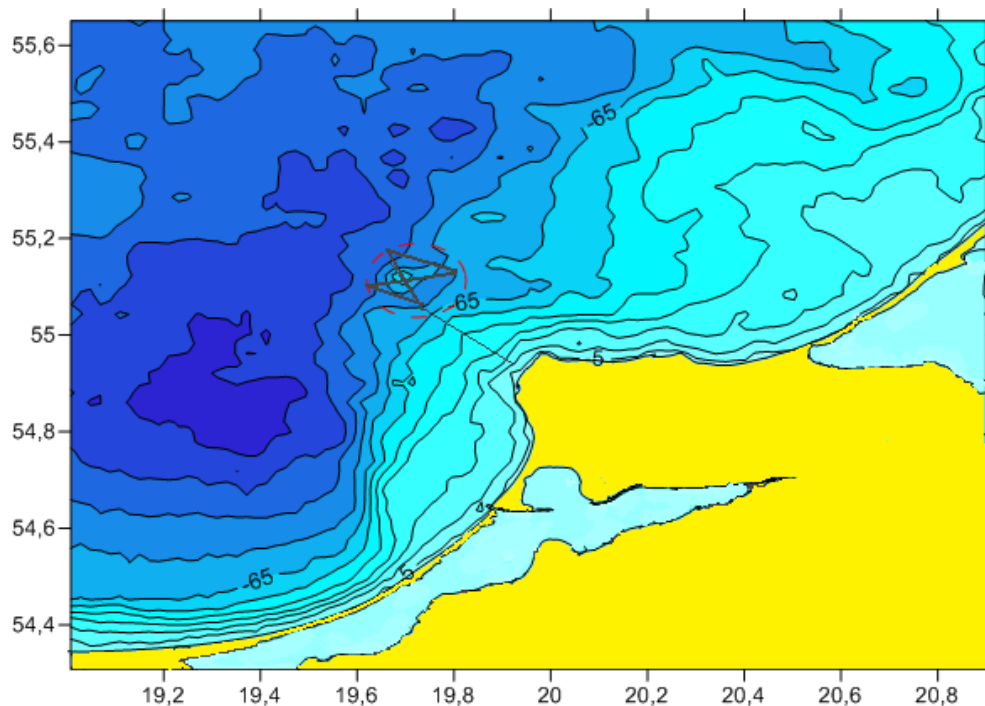


Рис.4. Предполагаемый маршрут судна для будущих экспедиций

Учитывая все результаты, можно сделать следующие выводы:

- в прибрежной зоне юго-восточной части Балтийского моря наблюдался достаточно мощный поверхностный слой (до 30 м), образующийся в основном из-за активного ветрового воздействия. Температура в нем на всех разрезах колебалась от 22 до 16 °С.
- распресненный поверхностный слой появляется под воздействием течением и, косвенным образом, из-за осадков, увеличивающих сток пресных вод в реках.
- на глубинах от 20 до 40 м существует выраженный термоклин, где температура изменяется от 18 до 7 °С. Ниже глубин 40 м (на некоторых разрезах ниже 35 м) зафиксирован слой ХПС с минимальной температурой в ядре 5°С. По сравнению с прошлым годом, на всех разрезах он залегает выше на 10-15 м. Это связано с тем, что заливы североморских вод в 2016 г. были менее интенсивные, чем в 2014 и 2015 годах. В связи с этим, меньшее количество соленых и теплых вод позволяло ХПС достаточно развиваться в течение весенне-летнего периода.
- подводный рельеф так же вносит изменения в распределение солености и температуры на глубинах ХПС.

Литература:

1. Gelumauskaite L.-Z., Grigelis A., Cato I., Repecka M., Kjellin B. Bottom topography and sediment maps of the Central Baltic Sea. Scale 1:500000. A short description / LGT SERIES OF MARINE GEOLOGICALS MAPS No.1 / SGU SERIES OF GEOLOGICAL MAPS Ba No. 54. Vilnius-Uppsala, 1999
2. Геология Балтийского моря / под ред. Гуделиса В.К. и Емельянова Е.М., Вильнюс: МОКСЛАС, 1976, 382 с.
3. Осадкообразование в Балтийском море / под ред. Лисицына А. П и Емельянова Е. М., М: Наука, 1981, 247 с