

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗОНЫ СМЕШЕНИЯ
РЕЧНЫХ И МОРСКИХ ВОД НА ШЕЛЬФЕ
ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ (ОХОТСКОЕ МОРЕ)
ПО ДАННЫМ СУДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ (1937–2020 гг.)

Коломейцев В.В.¹, Горин С.Л.²

¹Камчатский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»)

² ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
v.kolomeycev@kamniro.vniro.ru

Шельф Западной Камчатки (ЗК) является одним из самых продуктивных районов Охотского моря и имеет важнейшее значение для экономики Камчатского края и Дальнего Востока. Здесь ведется интенсивный промысел многих ценных видов рыб и беспозвоночных [1]. Динамика их численности, сроки и места нереста, плотность промысловых скоплений, пути миграций тесно связаны с гидрологическими условиями на шельфе, в том числе с соленостью воды [1–3]. Ранее мы показали [4], что несмотря на большой объем океанографических данных, собранных на шельфе ЗК за более чем вековую историю его изучения, в опубликованных за это время работах практически ничего не сообщалось о зоне смешения речных и морских вод (ЗС). Устранению этого пробела и посвящена работа авторов настоящего доклада. Мы рассматриваем закономерности сезонного изменения размеров и конфигурации ЗС на шельфе ЗК в теплое время года по декадам, а также обсуждаем такой важный аспект исследуемой проблемы, как возможность использования реанализов и спутниковых данных для заполнения имеющихся пробелов в наблюдениях *in situ*.

Основой для работы послужила база данных по восточной части Охотского моря (БД ОЗК), созданная авторами по материалам всех судовых наблюдений (*in situ*), накопленных в КамчатНИРО [5]. Для анализа пространственно-временной динамики ЗС на шельфе ЗК использовали картографические методы. Сначала вся исследуемая акватория была разбита на полигоны. Их границы проводили с учетом того обстоятельства, что вблизи берега горизонтальные градиенты гидрологических характеристик увеличиваются

(чем ближе к берегу, тем уже были выделенные полигоны): 0–10, 10–25, 25–45, 45–65, 65–100, >100 км. По широте деление шельфа на полигоны проводили через 0,5 градуса. Затем, из БД ОЗК были выбраны данные о поверхностной солености за май–октябрь 1937–2020 гг., которые сортировались по полигонам и календарным декадам. После этого внутри каждого полигона рассчитывали средние многолетние величины солености по декадам (они присваивались его геометрическому центру). На завершающем этапе с помощью интерполяции по методу «естественной окрестности» строили горизонтальные распределения. Следует отметить, что БД ОЗК наполнена данными очень неравномерно (как в пространстве, так и во времени), поэтому на построенных нами картах реальность отражена с некоторой долей приближения.

Выделение ЗС и расчет ее площади проводили по построенным картам поверхностной солености по изохалине 31,5 епс. Выбор этой изохалины в качестве внешней границы ЗС был сделан на основе предварительного анализа, который заключался в следующем. Сначала построили распределения поверхностной солености на нескольких широтных разрезах (от берега ЗК в направлении открытого моря) для каждой декады календарного лета по средним величинам за 1937–2020 гг. Затем для каждого разреза рассчитали градиенты солености. Таким образом было установлено, что изохалина 31,5 епс соответствует области высоких градиентов солености (в пределах построенных разрезов) и прослеживается в течение всего теплого времени года.

По средним многолетним данным за период с 1937 по 2020 гг., ЗС речных и морских вод на шельфе ЗК появляется в начале мая в южной части шельфа — в районе устья р. Большая — крупнейшей реки этого региона. В середине мая формируется еще один очаг распределения — но теперь на центральном участке побережья ЗК, в районе впадения ряда относительно крупных рек — Большой Воровской, Облуковины и Ичи. В третьей декаде мая эти два очага ЗС сохраняются, но увеличиваются в размерах. В начале июня ЗС объединяется и приобретает сплошную, вытянутую вдоль берега форму, которая сохраняется до конца июля. При этом основной очаг распределения по-прежнему расположен в районе устья р. Большая. С конца июня до конца июля наблюдается пик развития ЗС, когда ее площадь составляет 14,7–16,6 тыс. кв. км (рис. 1).

В августе ЗС постепенно уменьшается в размерах, и с третьей декады августа по вторую декаду сентября ее площадь составляет 0,5–5,5 тыс. кв. км. В конце сентября – начале октября наблюдается увеличение ЗС до 7,1–8,8 тыс. кв. км. К сожалению, последующий период года данными практически не освещен, поэтому динамика ЗС в октябре и ноябре с декадной дискретностью пока не известна.

Очевидно, что описанная изменчивость ЗС речных и морских вод обусловлена сезонными колебаниями речного стока: весенне-летним половодьем, кратковременной меженью на рубеже лета и осени, а также осенними паводками. Но пока нам не удалось показать эту взаимосвязь в количественном виде. В первую очередь это связано с недостаточностью данных о стоке воды: к началу 2000-х гг. сеть наблюдений Гидрометслужбы за речным стоком на ЗК сократилась практически до нуля. Но работа в данном направлении продолжается, и мы надеемся рассчитать характеристики речного стока с помощью принятых в гидрологии суши статистических методов или математического моделирования.

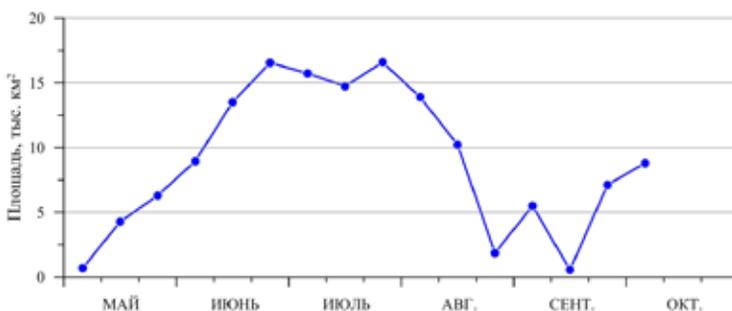


Рис. 1. Изменение площади ЗС на шельфе Западной Камчатки по декадам (с мая по первую декаду октября) в среднем за период 1937–2020 гг.

Для изучения пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических процессов важно наличие данных наблюдений с регулярным пространственным и временным покрытием района исследований. Однако на практике часто такого не происходит. В том числе это касается и БД ОЗК, которая легла в основу настоящего исследования.

В современной научной практике для решения этой проблемы применяются реанализы и спутниковые наблюдения. Но воз-

возможность использования этих наборов данных для конкретного района нуждается в проверке. Для сопоставления с реанализами и данными спутниковых наблюдений из БД ОЗК были выбраны семь океанологических съемок («образцовых» съемок, охватывающих подробно весь шельф ЗК), выполненных в летний период с 1998 по 2020 гг. Среди реанализов и спутниковых данных в работу были приняты следующие: глобальные реанализы GLORYS12V1, ORAS5, C-GLORS; региональный реанализ JCOPE2M; комбинированные данные спутниковых наблюдений, полученные в рамках космических исследовательских миссий SMAP (Soil Moisture Active Passive) и SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity). Далее из каждого реанализа и набора спутниковых данных извлекалось семь выборок, в которых координаты и даты точек соответствовали станциям в семи «образцовых» съемках из БД ОЗК.

По всем выборкам были построены карты распределения солености на поверхности, на которых проводили границы ЗС речных и морских вод (по изохалине 31,5 епс). Границы ЗС, рассчитанные по реанализам и спутниковым данным, визуально сравнивали с фактическими границами (по «образцовым» съемкам). Кроме этого, между собой сопоставляли площади ЗС, рассчитанные по реанализам и спутниковым данным, с фактическими данными.

Сопоставление данных *in situ* с рассчитанными по реанализам и по данным спутниковых наблюдений выявило преимущественно слабые линейные связи (по шкале Чеддока) Наиболее высокие коэффициенты и значимые корреляции получились для реанализов GLORYS12V1 () и JCOPE2M (). Однако главный вклад в эту зависимость внесли значения, находящиеся в области с высокой соленостью, соответствующие морской (открытой) части шельфа ЗК. А в области с соленостью менее 31,5 епс, соответствующей ЗС, разброс значений существенно выше, и коэффициент корреляции становится незначимым (т.е. линейная связь не прослеживается). Кроме того, визуальное сравнение карт распределения солености по данным *in situ* и по реанализам или спутниковым данным выявило отсутствие сходства. Расчёты площадей ЗС для всех сравниваемых случаев показали отсутствие связи между реанализами / данными спутниковых наблюдений и фактическими данными. Таким образом, при текущем уровне развития выбранных для сравнения реанализов и наборов спутниковых данных, эти ин-

струменты нельзя использовать для компенсации существующих недостатков пространственно-временного наполнения БД ОЗК по солености воды. Возможно, решению этой проблемы поможет моделирование на региональном уровне с использованием данных по солености *in situ* и водного стока рек ЗК. Но для этого сначала нужно создать модель речного стока (в последние 20 лет на ЗК почти не осталось стоковых постов). И только после этого можно будет приступить к моделированию собственно ЗС.

Таким образом, ЗС начинает развиваться в начале мая, достигает наибольших размеров в конце июня и сохраняется в таком виде в течение июля. С августа ЗС постепенно уменьшается в размерах, сокращаясь до минимума в середине сентября. В конце сентября – начале октября ЗС снова увеличивается. В пространственно-временном наполнении БД ОЗК данными по солености есть очевидные пробелы. Поэтому мы попытались найти способ для улучшения этой ситуации с помощью различных реанализов и спутниковых данных. Но проверка на основе картографического и статистического анализа реанализов GLORYS12V1, JCOPE2M, C-GLORS, ORAS5 и спутниковых данных SMAP / SMOS показала невозможность решения этой проблемы с помощью существующих наборов данных.

Литература

1. Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей. Владивосток: ТИПРО-центр, 2001. Т. 1. 580 с.
2. Шунтов В.П., Дулепова Е.П. Биологический баланс, современное состояние био- и рыбопродуктивности экосистемы Охотского моря и элементы ее функционирования // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IX: Охотское море. Вып. 2: Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. СПб.: Гидрометеиздат, 1998. С. 81-93.
3. Фигуркин А.Л. Океанологические условия шельфа и склона Охотского моря в холодную половину года и их влияние на нерест минтая: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.28. Владивосток, 2003. 157 с.
4. Коломейцев В.В., Горин С.Л. Состояние изученности термохалинных условий на шельфе Западной Камчатки // Изв. ТИПРО. 2024. Т. 204. Вып. 4. С. 823-842.
5. Коломейцев В.В., Горин С.Л. База данных по океанографии восточной части Охотского моря // Изв. ТИПРО. 2023. Т. 203. Вып. 1. С. 200-213.