

## ЭКСПЕРИМЕНТ ПОЛИГОН–70

**Кошляков М.Н.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36, e-mail: mnkoshl@ocean.ru*  
Статья поступила в редакцию 16.09.2020, одобрена к печати 30.10.2020.

В 1970 г. в тропической зоне Северной Атлантики отечественными океанологами был проведен эксперимент Полигон–70, во время которого были выполнены полугодовые измерения океанских течений на полигоне из семнадцати автономных буйковых станций в слое океана от поверхности до глубины 1500 м. Результатом этой работы было открытие явления, получившего затем название «синоптические вихри открытого океана», выявлены масштабы, характер временной изменчивости и энергия этих вихрей, дана интерпретация полученных результатов в свете теории волн Россби. Получены указания на формирование вихрей вследствие бароклинной неустойчивости крупномасштабного течения. Эти результаты определили выдающееся значение эксперимента Полигон–70 для дальнейшего развития исследований океанских вихрей.

**Ключевые слова:** эксперимент Полигон–70, синоптические вихри открытого океана

В 2020 г. исполняется 50 лет со времени проведения отечественными океанологами эксперимента Полигон–70 в тропической части Северной Атлантики, в ходе которого впервые были выполнены долговременные измерения течений в поле явления, впоследствии получившего название «синоптического вихря открытого океана» – термин, подчеркивающий физическую аналогию между этими вихрями и атмосферными циклонами и антициклонами. Полигон–70 явился логическим продолжением более ранних экспедиционных работ в различных районах океана, проводившихся Институтом океанологии АН СССР по инициативе В.Б. Штокмана со специальной целью поиска все более крупных вихрей. Непосредственным предшественником Полигон–70 в этом ряду был Полигон–67 в Аравийском море, во время которого были выполнены 2 последовательные гидрологические съемки крупного района моря, зафиксировавшие нестационарные вихри размером порядка 100–150 км (рис. 1).

Результаты Полигон–67 показали необходимость выполнения экспедиции, которая ставила бы своей задачей прямые измерения течений в типичном районе открытого океана, причем измерения таких объемов, структуры и продолжительности, которые позволили бы надежно выявить истинное строение, характер временной изменчивости и локальную динамику крупномасштабных вихревых возмущений океанской циркуляции. Таким экспериментом стал Полигон–70, выполненный в 1970 г. ИО РАН и некоторыми другими советскими

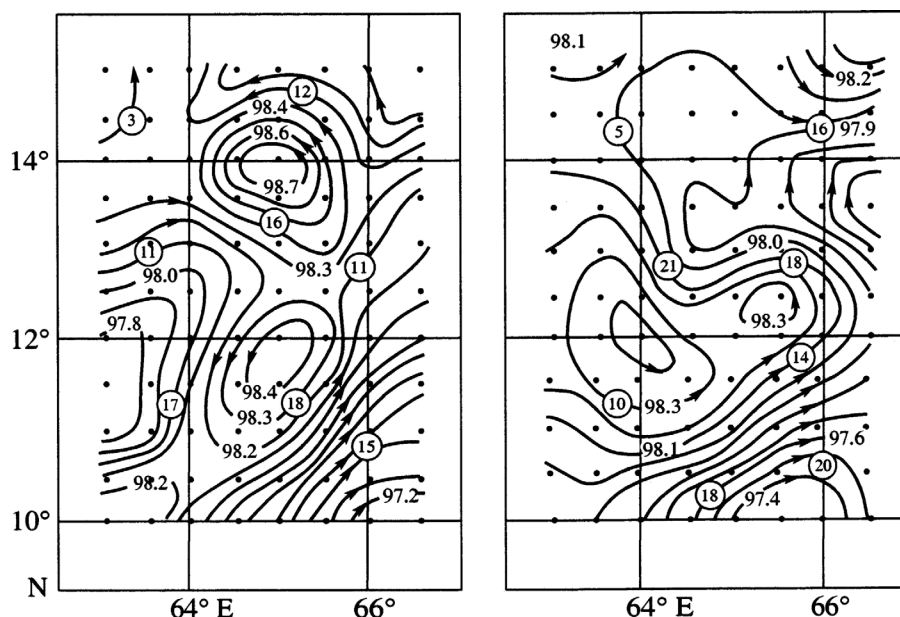


Рис. 1. Геострофические течения на глубине 150 м, рассчитанные относительно горизонта 1500 м по данным первой (слева, 21.01–07.02.1967 г.) и второй (справа, 20.03–06.04.1967 г.) гидрологических съемок района «Полигон–67» в Аравийском море (Кошляков и др., 1970). Точки – положения гидрологических станций. Числа у линий тока пропорциональны весам столбов воды между горизонтами 150 и 1500 м.

Числа в кружках – скорости течения в см/с.

океанографическими организациями под научным руководством академика Л.М. Бреховских на южной периферии Северного пассатного течения в тропической Атлантике (Бреховских и др., 1971).

Основу экспедиционных работ составила выдержанная в течение полугода система из семнадцати расположенных «крестом» автономных буйковых станций (АБС) (рис. 2) с самописцами течений на десяти горизонтах до глубины 1500 м на каждой станции.

Главным результатом Полигон–70 явилась детальная съемка очень хорошо выраженного антициклонического вихря, проходившего через полигон в апреле–июне 1970 г. в направлении на запад–юго-запад со скоростью около 6 см/с. 20–25 мая 1970 г. центр вихря практически совпадает с центром полигона (рис. 2). Вихрь имел эллипсовидную форму с большой и малой полуосями (расстояниями от центра вихря до точек с максимальными скоростями течения) около 200 и 100 км. Скорость течения в вихре характеризовалась двумя максимумами по глубине – в верхнем слое океана и в слое 400–500 м, достигая в отдельные моменты 45 и 35 см/с соответственно в этих двух слоях, что на порядок превышало скорость западного–юго-западного фонового Северного пассатного течения в верхнем слое океана.

Помимо описанного выше главного вихря Полигон–70, на полигоне были зафиксированы тыловая часть еще одного антициклона, предшествовавшего главному вихрю, а также фронтальная часть циклонического вихря, двигавшегося вслед за

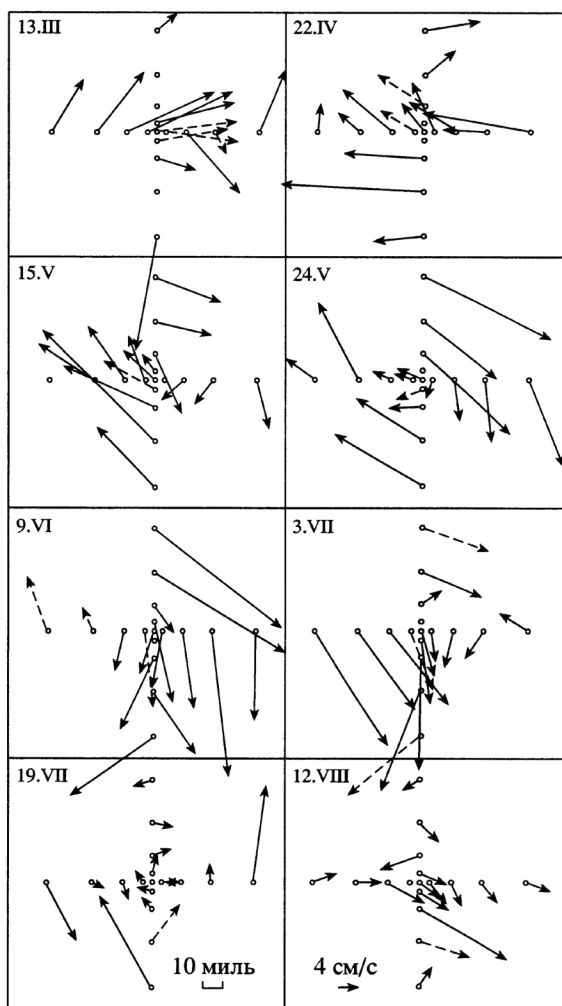


Рис. 2. Векторы скорости течения на глубине 400 м на разные даты 1970 г. по данным Полигон–70 в Северной Атлантике (Кошляков, Грачев, 1974).

Кружки – положения АБС. Центр полигона – в точке  $16^{\circ}30' \text{с.ш.}, 33^{\circ}30' \text{з.д.}$  Длина каждого луча креста от его центра до крайней станции луча – 100 км. Штриховые стрелки получены интерполяцией по глубине. Масштаб скорости дан внизу.

Ось главного вихря Полигон–70 была наклонена в сторону, обратную направлению его движения. С учетом особенностей строения крупномасштабного Северного пассатного течения и его синоптических возмущений в районе Полигон–70, это означало накачку энергии вихрей за счет доступной потенциальной энергии крупномасштабного течения, то есть указывало на формирование вихрей вследствие бароклинной неустойчивости крупномасштабного течения.

Таким образом, во время Полигона–70 была впервые выполнена прямая долговременная съемка течений в поле океанских вихрей в типичном районе откры-

главным вихрем (рис. 2, март и август 1970 г.). Можно также полагать, что картина течений для второй половины июля 1970 г. (рис. 2) соответствует седловидной области между четырьмя вихрями. Все эти обстоятельства создают впечатление о квазишахматной «упаковке» вихрей, что может рассматриваться как довод в пользу волновой интерпретации полученных на полигоне результатов. Действительно, несмотря на решительное преобладание орбитальной скорости движения воды в поле вихрей над скоростью их поступательного перемещения, интерпретация результатов Полигон–70 в свете теории бароклинных волн Россби, распространяющихся на фоне крупномасштабного течения, оказалась успешной для объяснения наблюдаемого на полигоне соотношения между пространственным и временным масштабами поля течения (Кошляков, 1973; McWilliam's, Rosinson, 1974). Этот вывод вполне согласуется с современными представлениями о физической природе синоптических вихрей открытого океана, согласно которым совокупность этих вихрей в тропической зоне океана может быть интерпретирована как волна Россби, а в умеренных и высоких широтах – как геострофическая турбулентность (Tulloch et al., 2009).

Кошляков М.Н.

того океана, выявлены масштабы, структура и энергия поля вихрей, характер их временной изменчивости, выполнена физическая интерпретация полученных результатов. Все это определило громадное значение Полигона–70 для дальнейшего развития исследования океанских вихрей.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №18-05-00283.

### Литература

- Бреховских Л.М., Кошляков М.Н., Федоров К.Н., Фомин Л.М., Ямпольский А.Д.* Полигонный гидрофизический эксперимент в тропической зоне Атлантики // Доклады АН СССР. 1971. Т. 198. № 6. С. 1434–1437.
- Кошляков М.Н., Галеркин Л.И., Чьонг Динь Хиен.* О мезоструктуре геострофических течений открытого океана // Океанология. 1970. Т. 10. Вып. 5. С. 805–814.
- Кошляков М.Н., Грачев Ю.М.* Среднемасштабные течения на гидрофизическом полигоне в тропической Атлантике // Атлантический гидрофизический Полигон–70. М.: Наука, 1974. С. 163–180.
- Кошляков М.Н.* Результаты наблюдений на атлантическом полигоне 1970 г. в свете некоторых моделей свободных волн Россби // Океанология. 1973. Т. 13. № 5. С. 760–767.
- McWilliams J.C., Robinson A.R.* A wave analysis of the POLYGON array in the tropical Atlantic // Deep-Sea Res. 1974. Vol. 21. No. 5. P. 359–368.
- Tulloch R., John Marshall, Shafer Smith.* Interpretation of the propagation of surface altimetric observations in terms of planetary waves and geostrophic turbulence // J. Geoph. Res. 2009. Vol. 114. C02005. DOI: 10.1029/2008JC005055.

## EXPEREMENT POLYGON–70

**Koshlyakov M.N.**

*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,  
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,  
e-mail: [mnkoshl@ocean.ru](mailto:mnkoshl@ocean.ru)*

Submitted 16.09.2020, accepted 30.10.2020.

In 1970, an experiment named Polygon–70 was carried out by Russian oceanographers in the tropical zone of the North Atlantic. During this experiment, seventeen autonomous buoy moorings were deployed for the period of half-a-year to measure ocean currents in the ocean layer ranging from the surface to the depth of 1500 m. The outcome of this work was the discovery of what later became known as “synoptic eddies of the open ocean”. It revealed the scale, the nature of time variability and energy of these vortices, as well as an interpretation of the observed phenomena from the point of view of the theory of Rossby waves. It was suggested, that the emergence of the vortices was due to baroclinic instability of large-scale flow. These results of Polygon–70 expedition showed its outstanding value and provided basis for further development of studies of ocean vortices.

**Keywords:** Experiment Polygon–70, Open Ocean synoptic eddies

**Acknowledgments:** The work was performed within the framework of the RFBR Grant No. 18-05-00283.

### References

- Brekhovskikh L.M., Koshlakov M.N., Fedorov K.N., Fomin L.M., and Yampolsky A.D.* Polygon hydro physical experiment in the tropical zone of Atlantic. *Dokladi Akad. Nayk SSSR* (Reports of the Academy of Sciences of the USSR), 1971, Vol. 198, pp. 1434–1437.
- Koshlyakov M.N., Galerkin L.I., and Chyong Din Khiyen.* On the mesostructured of geostrophic currents in open ocean. *Oceanology*, 1970, Vol. 10, No. 5, pp. 805–814.
- Koshlyakov M.N. and Grachev Yu.M.* Mesoscale currents at the hydro physical polygon in the tropical Atlantic. Atlantic hydro physical Polygon–70. Moscow: Nauka, 1974, pp. 163–180.
- Koshlyakov M.N.* Results of measurements at the Atlantic polygon–1970 in the light of some models of free Rossby waves. *Oceanology*, 1973, Vol. 13, No. 5, pp. 760–767.
- McWilliams J.C. and Robinson A.R.* A wave analysis of the POLYGON array in the tropical Atlantic. *Deep-Sea Res.*, 1974, Vol. 21, No. 5, pp. 359–368.
- Tulloch R., John Marshall, and Shafer Smith.* Interpretation of the propagation of surface altimetric observations in terms of planetary waves and geostrophic turbulence. *J. Geoph. Res.*, 2009, Vol. 114, C02005, doi: 10.1029/2008JC005055.