

О ПРИЧИНАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АПВЕЛЛИНГА В МОРЯХ И ОКЕАНАХ

© Воронков С.С.

Контакт с автором: vorss60@yandex.ru

Аннотация

Рассматриваются различные возможные причины возникновения апвеллинга в морях и океанах. Отмечается, что с точки зрения нелинейного подхода при анализе причин возникновения апвеллинга необходимо учитывать водовороты, вихревые трубки, образующиеся в мировом океане из-за неравномерности вращения Земли вокруг своей оси.

Апвеллинг (англ. *upwelling*) — подъём глубинных вод океана к поверхности [1]. Наиболее часто наблюдается у западных границ материков, где перемещает более холодные и богатые биогенами воды из глубин океана к поверхности, замещая более тёплые, бедные биогенами поверхностные воды. Также может встречаться практически в любом районе Мирового океана.

Как отмечается в [2], впервые объяснение апвеллинга было дано в работе [3] и в дальнейшем развито в [4]. В представлении этих работ причиной апвеллинга является ветер, дующий в северном полушарии вдоль берега или под некоторым острым углом к нему, который сносит поверхностные воды в море, а на смену им поднимаются придонные воды и в итоге создается циркуляция вод в плоскости, перпендикулярной берегу. Но как установлено в работе [2]: «Часто апвеллинг развивается при полном отсутствии ветра, в основном тогда, когда температура поверхности моря и воздуха одинаковы. Эти два обстоятельства позволили предположить, что апвеллинг генерируется в основном не ветром, а вдольбереговыми течениями континентальных шельфовых волн».

Здесь изложим одну из возможных причин апвеллинга, вытекающих из рассмотрения нелинейного подхода в Общей динамике [5]. Апвеллинг происходит под действием меридиональных ω_θ и широтных ω_φ вихревых трубок, образующихся в мировом океане из-за неравномерности вращения Земли вокруг своей оси. Рассмотрим особенности различных разновидностей апвеллинга.

Прибрежный апвеллинг

Приведем места возникновения прибрежного апвеллинга [1]

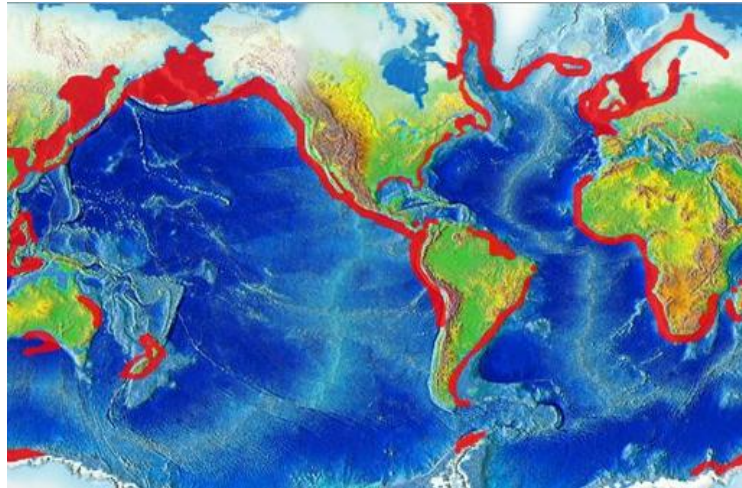


Рис. 1. Прибрежный апвеллинг. Красным показаны районы, где наиболее распространён прибрежный апвеллинг. Рисунок из работы [1].

Прибрежный апвеллинг происходит под действием меридиональных ω_0 вихревых трубок [5]

$$\omega_0 = \left(\frac{C_1^2}{4\omega_3} + \frac{C_1^2}{4\omega_3} \cos 4\omega_3 t + C_1 \cos 2\omega_3 t \right) \sin \theta. \quad (1)$$

В поле вращения Земли будет действовать момент прецессии, искажающий и деформирующий меридиональные ω_0 вихревые трубки [5]

$$M_\theta = \frac{I_\theta}{2} \left(\frac{C_1^2}{4} + \frac{C_1^2}{4} \cos 4\omega_3 t + C_1 \omega_3 \cos 2\omega_3 t \right) \sin 2\theta. \quad (2)$$

Экваториальный апвеллинг

Приведем места возникновения экваториального апвеллинга [1]

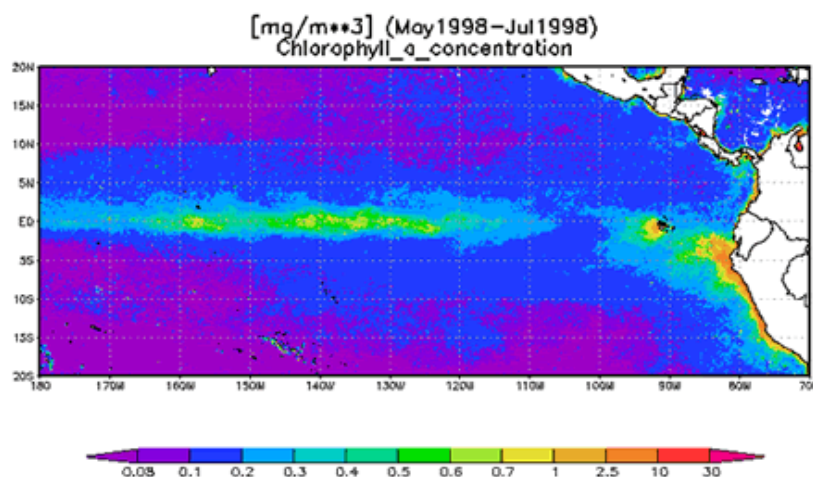


Рис. 2. Зона экваториального апвеллинга в Тихом океане. Рисунок из работы [1].

Экваториальный апвеллинг происходит под действием широтных ω_ε вихревых трубок, имеющих максимальную интенсивность на экваторе, где максимальное значение имеет пульсационная составляющая скорости V_ε .

Неокеанический апвеллинг

Апвеллинг происходит не только в открытых морях и океанах, но также и в замкнутых крупных водоемах, таких как Каспийское море, Черное море и др.

Как установлено в работе [2]: «Вдоль восточного побережья Среднего и частично Южного Каспия у поверхности моря летом всегда присутствуют воды с аномально низкой температурой (~17°C), которая хотя и меняется с периодичностью около недели, но всегда бывает намного ниже, чем в районах моря, значительно удаленных от берега (до 14°C)».

Приведем зоны апвеллинга на Каспийском море – рис. 3.

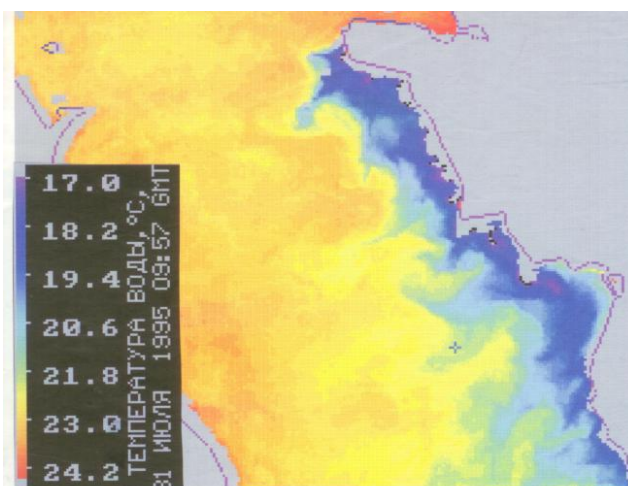


Рис. 3. Температура поверхностных вод Среднего Каспия. В восточной части у берега выделяется область с низкой температурой воды, вызванной апвеллингом. Рисунок из работы [2].

В работе [2] анализируется корреляция ветра и апвеллинга и делается следующий вывод: «Таким образом, связь ветра с температурой воды, следовательно, и с апвеллингом - даунвеллингом не подтверждается. Гораздо лучше температура воды согласуется с направлением и скоростью течений континентальных шельфовых волн и крупномасштабных течений».

Диссертация [6] посвящена исследованию апвеллинга на Черном и Каспийском морях. Автор работы [6] делает вывод, что на количественном уровне подтверждено ветровое происхождение прибрежного апвеллинга в исследуемых морях.

С точки зрения нелинейного подхода при анализе причин возникновения апвеллинга необходимо учитывать водовороты, вихревые трубки, образующиеся в мировом океане из-за неравномерности вращения Земли вокруг своей оси [5].

Литература

1. Апвеллинг – Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Апвеллинг>
2. Бондаренко А.Л. Крупномасштабная динамика и долгопериодные волны Мирового океана и атмосферы. – Москва: 2014. – 206 с. http://meteoweb.ru/articles/bondarenko_05_2014.pdf
3. Sverdrup H.V., Jonson M.W., Fleming R.H. The oceans. N.Y.: Prentice-Hall. 1942. 1087 p.
4. Garvine R.W. // J.Phys. oceanogr. 1971. V.1 P.169.
5. Воронков С.С. Общая динамика. – 10-е изд., переработанное. – Псков: Vorss60, 2023. – 354 с. Электронный вариант работы представлен на Яндекс.Диске: <https://disk.yandex.ru/i/6AOAVikqayFjKA>
6. Архипкин В.С. Автореферат диссертации по теме «Гидрология прибрежного апвеллинга Черного и Каспийского морей». – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 22 с. <https://earthpapers.net/gidrologiya-pribrezhnogo-apvellinga-chernogo-i-kaspiyskogo-morey>