

УДК 551.528

**Колесник А. В.**

Одесский государственный экологический университет,

**Доля В. Д.**

МО Украины,

**Кучеренко Н. В.**

Одесский государственный экологический университет

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИЧИН ФОРМИРОВАНИЯ МУССОНОВ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА**

В статье рассмотрены вопросы применения ГИС для изучения причин формирования муссонной циркуляции в Индийском океане. Приведены примеры ГИС мониторинга процессов в гидросфере и атмосфере.

**Ключевые слова:** GIS, муссон, Индийский океан.

---

© А. В. Колесник, В. Д. Доля, Н. В. Кучеренко

**Постановка проблемы.** В настоящее время не существует теоретических основ для надежного прогнозирования продолжительности и интенсивности муссонной циркуляции. Имеется в виду прогнозирование начала и окончания муссона, силы ветра, его продолжительности, а так же прогнозирование атмосферных осадков. Особенно это актуально для региона Индийского океана, где муссонная циркуляция определяет климатические условия, отличные от климата других регионов, находящихся на той же широте. С муссонной циркуляцией связаны опасные природные явления – ливневые осадки и наводнения, от которых ежегодно страдают миллионы людей. В качестве примера можно привести ситуацию, в Индийском океане в связи с аномальным муссоном 2007 г. В июне 2007 г. муссон над Аравийским морем проявлялся аномальной активностью. От ливневых осадков пострадали также и страны юго-восточной Азии. В Китае, Вьетнаме и Корее. Сильнейшие дожди и наводнения привели к разрушениям и гибели людей. Материальный ущерб от опасного природного явления составил более 1 млрд. долларов.

**Цель** данного исследования – изучить природные процессы, сопровождающие формирование муссонной циркуляции в Индийском океане и определить наличие между ними причинно-следственной связи.

Одной из задач исследования было использовать максимальное количество информации о природных процессах, синхронизированных с муссонной циркуляцией Индийского океана, привлекая ресурсы различных геоинформационных систем.

**Анализ последних достижений.** Фундаментальные основы теории муссонной циркуляции в качестве их причины рассматривают неравномерное в течение года нагревание суши и океана. Аналогом этого процесса, только во внутри суточном масштабе, является бризовая циркуляция. Выдвигаются и другие гипотезы формирования муссонной циркуляции, однако ни одна из них не объясняет причин ежегодного повторения и устойчивого характера муссонных ветров. Для изучения особенностей формирования муссонов Индийского океана использована ГИС <http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index.htm>. На современном этапе при помощи спутниковых данных и компьютерных технологий можно наблюдать за изменениями состояния погодных условий в

реальном масштабе времени, также возможен сбор архивных данных параметров атмосферы, водной поверхности. ГИС позволили нам более объективно рассмотреть особенности муссонной циркуляции и предположить новую теорию о возникновении сезонной атмосферной циркуляции в Индийском океане.

**Постановка задачи.** В качестве основной задачи исследования рассматривается критическое рассмотрение существующих теоретических положений о формировании муссонной циркуляции в Индийском океане.

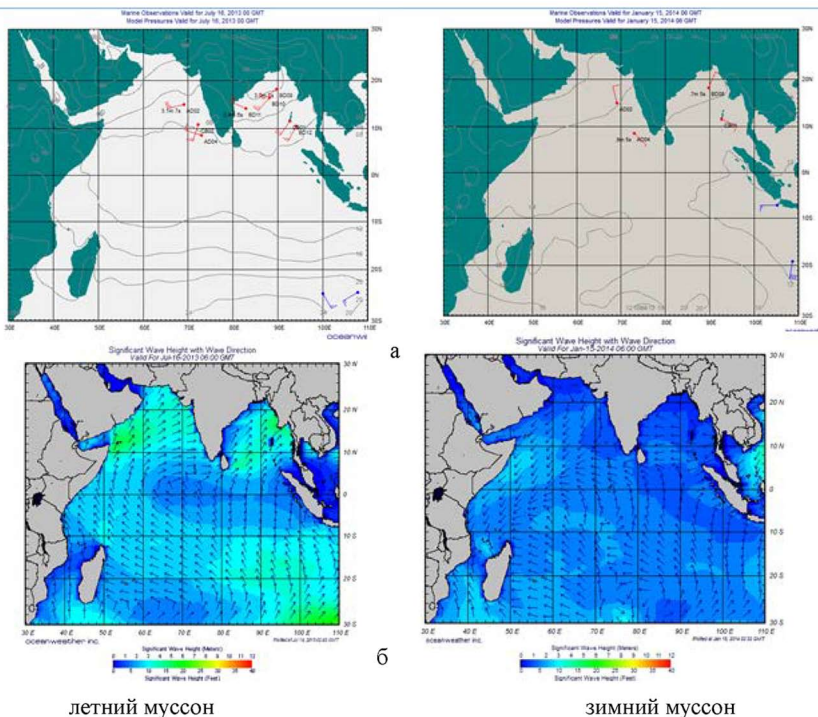
**Результаты исследования.** Используя современные ГИС нами были изучены фактические условия формирования самой активной системы муссонной циркуляции – муссоны Аравийского моря в Индийском океане.

На рис. 1 показан пример характерного поля приземного давления и поля скорости и направления ветрового волнения во время летнего и зимнего муссона в Индийском океане. Приведенные данные получены на сайте <http://www.oceanweather.com>, который представляет информацию по волнению, атмосферному давлению и температуре воды морской воды. В летний сезон на СЗ, в районе Персидского залива за счет высокой температуры формируется область низкого атмосферного давления, а на ЮВ на широте Шри-Ланки над относительно холодным океаном формируется область высокого давления. В результате температурных различий формируется градиент атмосферного давления 8 гПа на 2000 км. Для сравнения в районе Исландского минимума обычным явлением являются градиенты приземного атмосферного давления 20 гПа на 500 км, что в сто раз выше. В то же время в Индийском океане, в условиях мало градиентного барического поля скорости ветра во время летнего муссона достигают 10 м/с, а высота волн 5-7 м.

Во время зимнего муссона на СЗ, в районе Персидского залива за счет низкой температуры формируется область относительно высокого атмосферного давления, а на ЮВ на широте Шри-Ланки над теплым океаном формируется область низкого давления. Градиенты атмосферного давления и скорости ветра несколько ниже.

Наряду с выявленным несоответствием градиентов атмосферного давления возникающей скорости ветра есть и другие противоречивые моменты:

1. В Аравийском море, на широте Шри-Ланки (10° с.ш.)



летний муссон

зимний муссон

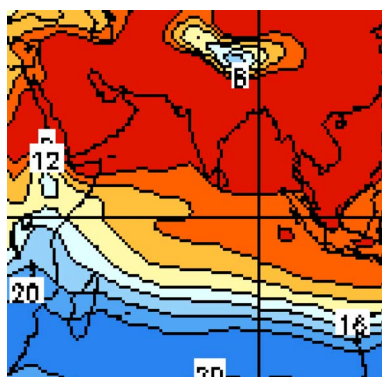
**Рис. 1. Пример характерного поля приземного атмосферного давления (а) и поля скорости и направления ветрового волнения (б) во время летнего и зимнего муссона в Индийском океане (<http://www.oceanweather.com>)**

муссонные ветры направлены вдоль изобар, что характерно для умеренных широт, где горизонтальная составляющая силы Кориолиса отклоняет поток вправо в северном полушарии. Однако на широте Шри-Ланки при барическом поле, показанном на рис. 1 а, ветер должен был дуть в перпендикулярном направлении, иметь ЮВ составляющую.

2. По данным наших исследований во время летнего муссона в результате устойчивого ЮЗ ветра у Африканских берегов формируется мощный апвеллинг и температура морской воды понижается на 10°C. В Аравийском море у берегов Сомали за счет перепада температур морской поверхности формируются «свои» локальные ветры. Важно отметить, что по направлению они совпадают с муссонной циркуляцией и усиливают её. Таким

образом, можно высказать предположение о том, что, циркуляция атмосферы над Аравийским морем в летний сезон является, в какой-то части, не причиной, а следствием ветров, возникающих в зоне спеллинга, зоне градиентов температуры морской поверхности между Сомали и Индией.

3. Изучив архивы данных сайта <http://www.cpc.noaa.gov> по усредненному за месяц полю атмосферного давления над Аравийским морем, было установлено, что устойчивый летний муссон формируется безградиентным полем атмосферного давления. На рис. 2 показан фрагмент типичной карты приземного атмосферного давления над Аравийским морем, усредненной за июнь месяц.



**Рис. 2.** показан фрагмент типичной карты приземного атмосферного давления над Аравийским морем, усредненной за июнь месяц (<http://www.cpc.noaa.gov>)

Полученные результаты по Индийскому океану о несоответствии направления и скорости ветра полю атмосферного давления заставили нас искать другие причины, способные возбуждать муссонную циркуляцию в Индийском океане. В работе [1] выполнено обобщение результатов исследований многих авторов о влиянии изменений гравитационного поля в пространстве и времени на атмосферную циркуляцию. Известно, что в районе формирования Индийского муссона зафиксирована самая значимая отрицательная аномалия гравитационного поля (рис. 3). За счет аномалии силы тяжести в районе Шри-Ланки уровень океана

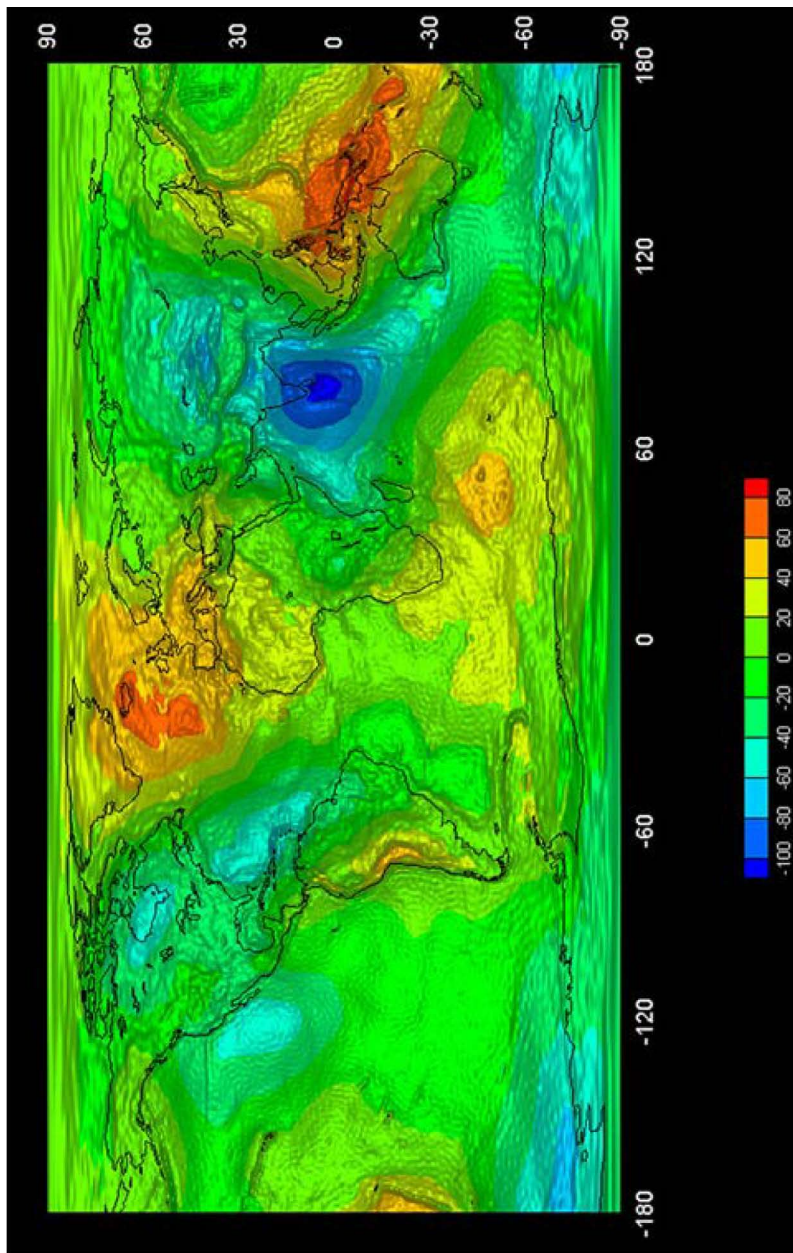


Рис.3. Карта формы геоида (м) (<http://grace.jpl.nasa.gov>)



стабільно нижче форми геоїда більше ніж на 100 м.

Используя ГИС <http://grace.jpl.nasa.gov> установлено, что в Индийском океане экстремумы силы тяжести наблюдаются в мае и сентябре. При изменении силы тяжести меняется вес столба воздуха, соответственно и атмосферное давление. Полученные результаты подтверждаются картами конвергенции и дивергенции воздушных потоков, рассматриваемые на сайте <http://www.cpc.noaa.gov>. В августе, во время летнего муссона над Индией на высоте 12 км обчно фиксируется дивергенция, а в январе, во время зимнего муссона – конвергенция.

Установлено, что муссонные ветры в Индийском океане могут возникать только при изменении силы тяжести, когда масса воздуха перестает быть скомпенсированной аномалией силы тяжести и при изменении силы тяжести её вес изменяется. Полученные результаты подтверждаются данными сайта <http://www7320.nrlssc.navy.mil>, на котором фиксируются аномалии уровня океана. Во время летнего муссона, когда ветер формирует нагонные условия, полуостров Индостан окружен отрицательной аномалией уровня моря, во время летнего муссона, когда ветер формирует сгонные условия у берега, фиксируется положительная аномалия уровня. Описанные аномалии уровня океана могут быть объяснены годовым циклом изменения силы тяжести в пределах гравитационной аномалии в районе полуострова Индостан.

Установлено, что муссоны в Индийском океане отмечаются при изменениях силы тяжести, а при экстремумах силы тяжести муссоны не формируются.

**Выводы.** В результате выполненных исследований установлено, что муссонная циркуляция в Индийском океане не в полной мере обеспечена барическим полем и синхронизована во времени с годовым циклом изменений гравитационного поля в районе отрицательной аномалии силы тяжести полуострова Индостан.

**Рецензент - кандидат географічних наук Р. С. Філозоф**

### **Литература:**

1. Формування погодних умов в морських та прибережних районах : монографія [Текст] / [Гладких І. І., Капочкін Б. Б., Кучеренко Н. В., Лісоводський В. В.]. – Одеса, 2007. – 242 с.

Г. В. Колеснік, В. Д. Доля, Н. В. Кучеренко

## **ВИКОРИСТАННЯ ГІС ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ПРИЧИН ФОРМУВАННЯ МУССОНІВ ІНДІЙСЬКОГО ОКЕАНУ**

У статті розглянуті питання застосування ГІС для вивчення причин формування мусонної циркуляції в Індійському океані. Наведені приклади ГІС моніторингу процесів в гідросфері та атмосфері.

**Ключові слова:** ГІС, мусон, Індійський океан.

H. Kolesnik, V. Dolya, N. Kucherenko

## **USING OF GIS TO STUDY THE CAUSES FORMATION MONSOON INDIAN OCEAN**

The article discusses the use of the GIS to study the causes of formation of monsoon circulation in the Indian Ocean. There are stated the examples of GIS for monitoring processes in the hydrosphere and atmosphere.

**Keywords:** GIS, monsoon, Indian Ocean.

Надійшла до редакції 24 грудня 2014 р.