

О СБЛИЖЕНИИ ПОДХОДОВ К ПОНИМАНИЮ ФЕНОМЕНА
ЭЛЬ-НИНЬО – ЛА-НИНЬЯ

На основе предлагаемой многокомпонентной качественной модели сделана попытка «примирения» разных точек зрения на природу явления Эль-Ниньо – Ла-Нинья. Возможности модели показаны на примере прогноза метеорологических и океанологических условий в юго-восточной части Тихого океана на ближайшие годы. Подчеркивается влияние этих условий на общую биологическую и промысловую продуктивность района.

The article attempts to 'bring together' different approaches to the nature of the El Niño – La Niña phenomenon on the basis of a multicomponent qualitative model. The capability of model is demonstrated by means of meteorological and oceanological conditions forecast in the South Eastern Pacific Ocean. The author emphasises the general impact of these conditions on the biological and fishery productivity in the area where the El Niño – La Niña phenomenon represents the most important element of the present-day climate variability.

Ключевые слова: изменчивость климата, феномен Эль-Ниньо – Ла-Нинья, многокомпонентная модель.

Keywords: climate variability, El Niño – La Niña phenomenon, multicomponent model.

Введение

Изменения климата и других параметров природной среды тесно связаны с процессами непосредственного взаимодействия атмосферы и океана в широком диапазоне пространственно-временных шкал.

Поступательно-возвратный режим в обмене энергией между океаном и атмосферой порождает разнообразие структурных изменений океанической геосистемы. По различным, пока еще во многом не раскрытым причинам, этот своеобразный природный квазициклический механизм может давать эпизодические сбои из-за резких разномасштабных изменений в структуре и характерных особенностях тепловых потоков в океане, что возмущает как региональную, так и глобальную систему атмосферной циркуляции.

Изменчивость климата и явление Эль-Ниньо – Ла-Нинья

Один из наиболее известных источников подобного рода ярко выраженных природных возмущений располагается в восточном экваториально-тропическом секторе южной части Тихого океана, известный многим как «течение Эль-Ниньо».

Хотя Эль-Ниньо – региональное явление, выраженное резким потеплением самого верхнего слоя вод, но зачастую оно приводит к заметным последствиям в глобальном масштабе. Исследования феномена Эль-Ниньо начиная с 80-х гг. прошлого века приобрели системный характер. Особо важные результаты получены в экваториальной зоне Тихого океана в рамках международного проекта «Тропический океан – глобальная атмосфера» [15; 17 и др.]. Установлено, к примеру, что колебания температуры поверхности океанических (ТПО) вод в районе экватора наиболее репрезентативно выражены в определенных областях [16].

Ла-Нинья представляет собой холодную фазу рассматриваемого феномена, во время которой значения температуры верхнего слоя океана снижаются примерно в тех же соотношениях, как в фазу Эль-Ниньо. Следовательно, обе фазы возможно считать крайними стадиями развития одной и той же системы.

С октября-ноября (пик – во второй половине декабря – январе) по март-апрель традиционный рыбный промысел на шельфе Эквадора и Перу временно прекращается из-за поступления в прибрежные зоны (обычно до 5–7° ю.ш.) прогретых вод с температурой поверхности на 6–8°С больше, чем на той же широте в открытом океане. Катастрофические последствия отмечались в годы, когда аномально теплая вода верхнего океанического слоя сохранялась длительно и на большей площади, а южная граница их распространения достигала 10–12° ю.ш. Все это сопровождалось проливными дождями и штормами. В итоге гибли не только рыбы (на восстановление их промысловых запасов требовались годы), но также другие морские животные и птицы.

Пространственно-временная структура Эль-Ниньо – Ла-Нинья в районе юго-восточной части Тихого океана (ЮВТО) близка к структуре изменений земного климата за последние десятилетия [16]. Поскольку воды Мирового океана – один из основных факторов, определяющих состояние глобальной климатической системы, то и ее региональную изменчивость следует рассматривать в качестве приоритетной.



Многие межгодовые колебания метеорологических элементов, океанологических параметров, режимы земного вращения, свободная нутация полюсов Земли тесно связаны с процессами в системе Эль-Ниньо – Ла-Нинья [11].

Известны многие, на первый взгляд даже противоположные, объяснения причин возникновения этого феномена в связи с изменчивостью современного климата. Эти трактовки принципиально можно разделить на две крупные группы.

В *первой* объяснения причин феномена основаны на оценке формирования той или иной фазы явления в зависимости от характера экваториальных и смежных с ними крупномасштабных холодных поверхностных течений и теплых подповерхностных противотечений, а также температурных аномалий, с ними связанных [8 и др.].

Во *второй группе* объяснения базируются на представлениях о связи феномена с планетарными гравитационными волнами Россби и Кельвина, вызванными ветровыми нагонами с последующим перераспределением сил гравитации [6; 7 и др.].

В обоих случаях океан рассматривается как реагирующий исключительно на атмосферное воздействие. Но *в первом случае* – это реакция на почти полное прекращение действия пассатов, *во втором*, наоборот, – следствие генерируемых пассатной активностью сначала волн Россби, движущихся вне экватора на запад, которые затем, отразившись от западных берегов океана, преобразуясь в волны Кельвина, следуют на восток, но уже строго вдоль экватора.

Концептуальная качественная модель феномена Эль-Ниньо – Ла-Нинья

Для целостного понимания изменчивости климатической системы «океан-атмосфера», а также всего набора известных результатов необходима концептуально-качественная модель. Во многих обзорах изученности проблемы взаимодействия океана и атмосферы даны сравнительные оценки результатов, полученных разными авторами [5].

Качественный подход позволяет быстрее придти к определенным выводам по тем проблемам, строгое решение которых по каким-либо причинам пока невозможно. Термин «качественная модель» отнюдь не подразумевает отсутствие строгости. Мы вкладываем в него равно тот же смысл, что, например, в качественной теории дифференциальных уравнений. К тому же, общеизвестно стремление к построению именно качественной теории даже для фундаментальных разделов физики [9; 10]. Качественная модель взаимодействия океана и атмосферы должна конструироваться таким образом, чтобы из набора реально существующих атмосферных и океанических компонент, которые структурно объединены в модели, можно было бы на обязательном следующем этапе планировать и ставить ключевые экспериментальные расчеты [4]. Вычисления могут быть выполнены с использованием базовых нелинейных соотношений для доказательства априорных гипотез об универсальности таких соотношений. Многие физические явления, в том числе в гидрометеорологии, исследуются математическим аппаратом, внешне не имеющим отношения к предмету исследования, но универсальность аппарата проявляется в том, что получаемые с его помощью эффекты типичны для широкого круга явлений природы. Наряду с традиционными расчетами, например методами вероятностного анализа многомерных данных, очень перспективны новейшие физико-математические разработки вейвлет-преобразований, получивших название «математических микроскопов». Привлекательность данного направления, несмотря на сравнительно недавнее внедрение в практику, обеспечена способностью этого «микроскопа» с легкостью обнаруживать, например, структуру неоднородных процессов, что чаще всего свойственно естественным явлениям в атмосфере и океане, причем анализирующая функция хорошо локализуется и в пространственно-временном масштабе, и по частоте, т.е. энергетически. Уже первые попытки применения вейвлет-анализа к некоторым долговременным рядам метеорологических параметров выявили то обстоятельство, что в целом анализируемый процесс демонстрирует комбинированное, как и в природе, поведение: есть стохастические и ряд регулярных компонент [1].

В АтлантНИРО была создана качественная многокомпонентная модель взаимодействия океана и атмосферы ЮВТО, отдельные элементы которой уже с середины 1980-х гг. успешно применялись в практике прогнозирования [2; 3; 12]. На первых этапах ставилась цель совершенствования мониторинга района. В ходе исследования были выделены и проанализированы две пары наиболее характерных состояний океана и атмосферы, когда циркуляция вод тропического, субтропического и (частично) умеренного пояса ЮВТО саморегулируется, проявляя противоположные черты по отношению к интенсивности юго-восточного пассата. Известно, что в моделях океана с медленными течениями циркуляция в каждом отдельном районе представляет собой следствие глобального распределения ветров. Океаническая циркуляция реагирует на изменчивость поля ветра как единое целое. Возникающие при этом волны Россби могут быть «вестниками» воздействия ветра в отдаленных районах океана.



При увеличении общей ширины Перуанского течения по мере его продвижения к району экватора само течение становится динамически более сложным, подвергаясь квазислучайному воздействию неравномерного в пространстве и времени ветрового поля юго-восточного пассата. Также неравномерное, но постепенное нарастание скорости течения и амплитуды его меандров уменьшает эффект вязкости течения, в нем начинают формироваться вихри самых разных размеров, которые переносят свою энергию по направлению потока. Это в полной мере учитывает предлагаемая модель.

Функционирование двух природных подсистем «Юго-восточный пассат – холодное Перуанское течение» и «Юго-восточный пассат – теплое Перуано-Чилийское противотечение» порождает временной спектр (от сезона до нескольких лет) автоколебаний (переходов, трансформаций, этапов эволюции рассмотренных обобщенных гидрометеорологических ситуаций) в системе «океан – атмосфера». Каждой из подсистем свойственна своя фаза наибольшей устойчивости, а именно: Ла-Нинья в первой подсистеме и Эль-Ниньо во второй – две крайние стадии единого природного процесса, между которыми существуют переходные периоды наименьшей устойчивости. Наибольшая устойчивость первой подсистемы реализуется тогда, когда существует значительный запас доступной потенциальной энергии (ДПЭ) апвеллинга при больших наклонах изопикнических поверхностей положительно стратифицированных вод (максимальные вертикальные градиенты плотности – Ла-Нинья). Устойчивость второй подсистемы, наоборот, обеспечивается такой важной особенностью: водные массы в сложившейся системе течений и противотечений обладают максимальным дефицитом ДПЭ (минимальные вертикальные градиенты плотности – Эль-Ниньо). Иными словами, аномалии в образе Эль-Ниньо или Ла-Нинья возникают только тогда, когда океан и атмосфера становятся структурно едиными.

Весьма похожие результаты были получены в отделе физической океанографии аэрокосмического агентства США в г. Майами и в исследовательской лаборатории глобальной геофизики и океанографии г. Тулузы во Франции [16; 17].

Прогноз процессов, влияющих на промышленную продуктивность Юго-Восточной Пацифики

Прогноз гидрометеорологических условий среды разработан в рамках качественной многокомпонентной модели взаимодействия океана и атмосферы ЮВТО с учетом комплексного подхода к диагнозу и прогнозу событий Эль-Ниньо на долгосрочную перспективу [3; 4].

Система прибрежных и океанических ветвей Перуанского течения в 2006–2007 гг. сохранялась активизированной, на ее приповерхностных участках наблюдались процессы конвергенции, меандрирования и вихреобразования, стимулирующие формирование очагов прибрежного и океанического апвеллингов (фаза внесезонного Ла-Нинья).

Все это указывало на благоприятные гидрометеорологические условия для формирования промысловых скоплений рыбы и кальмара в разных промысловых подрайонах ЮВТО в соответствующие сезоны Южного полушария. Подтверждалось это и статистикой успешной работы рыбопромысловых судов многих стран.

В середине января 2008 г. в Перуанском подрайоне к югу от Галапагосских островов появились признаки сезонного усиления теплого подповерхностного Перуано-Чилийского противотечения, причем на отдельных участках отмечены его активные выходы на поверхность. Эти выходы теплых вод разделили океанические и прибрежные ветви Перуанского течения, локализовав прибрежную зону непосредственно вдоль материкового склона и шельфа Перу, где сохранялись еще узкие очаги вдольберегового апвеллинга. Это стало возможным на фоне сезонного, но неожиданно быстрого снижения атмосферного давления в восточном центре ЮТА, который к тому же позиционировался на крайнем юго-востоке, периодически сопрягаясь с Южно-Атлантическим своим аналогом.

Дальнейшее развитие ситуации в 2009–2010 гг. можно представить в виде двух возможных сценариев, имеющих благоприятные и неблагоприятные последствия для состояния промышленной продуктивности. В первом случае предполагается медленное восстановление повышенного фона атмосферного давления в восточном центре ЮТА. При постепенном стационаровании его центра в традиционных координатах (25–30° ю.ш., 90–95° з.д.) будет усиливаться юго-восточный пассат. Усиление атмосферной циркуляции приведет к восстановлению системы Перуанского течения с характерным для зимнего сезона меандрированием его океанических и прибрежных ветвей, конвергенцией и развитием очагов апвеллинга, что замедлит распространение аномально теплых вод тропического происхождения с запада на восток в полосе широт между 5 и 25° ю.ш.

Во втором случае за пределами 200-мильной экономической зоны Эквадора и Перу будет происходить снижение активности юго-восточного пассата, несмотря на его активизацию в середине года. Пониженный фон атмосферного давления в ЮТА, а также неустойчивость океанических ветвей



Перуанского течения и усиление теплового подповерхностного Перуано-Чилийского противотечения приведут к расширению площади положительной температурной аномалии.

Постепенное накопление больших объемов аномально теплых вод и расширение их площади в субтропическом поясе на юге Тихого океана – сигнал опасного развития событий после 2009 г. Это в значительной степени связано с очевидным приближением очередного феномена Эль-Ниньо катастрофических масштабов в ближайшие полтора-два года.

Состояние промышленной продуктивности в районе ЮВТО, но более всего в его тропическо-субтропическом поясе, а также возможные последствия могут оказаться совершенно различными. В одном случае (сильный юго-восточный пассат) благоприятные, а в другом (слабый пассат) неблагоприятные – в полном согласии с развитием процессов Эль-Ниньо – Ла-Нинья. Следовательно, разные фазы этого природного явления определяют состояние биологической продуктивности, успешность или безуспешность промысла и его дальнейшие перспективы.

Заключение

Предложенная модель сближения существующих точек зрения на природу Эль-Ниньо – Ла-Нинья рассмотрена в контексте изменчивости основных климатообразующих компонент, структурированных в системе атмосферной и океанической циркуляции южной половины Тихого океана. Анализ функционирования двух природных подсистем ЮВТО может быть использован в качестве базисного принципа объяснения аномалий потоков тепла или холода в других регионах планеты. Расшифровка природы возможных связей в подобных подсистемах «океан-атмосфера» определяет одну из главных составляющих понимания механизмов, управляющих как региональным, так и глобальным климатом.

Список литературы

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. 1996. Т. 166, №11. С. 1145–1170.
2. Бендик А.Б. Принципы мониторинговой океанологической модели в южной части Тихого океана // Промышленно-биологические исследования АтлантНИРО в 2000–2001 гг. Т. 1: Атлантический океан и юго-восточная часть Тихого океана: сб. науч. тр. Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Калининград, 2002. С. 20–26.
3. Бендик А.Б., Яковлев В.Н. Возможный сценарий развития гидрометеорологических условий и биологической продуктивности в тропическо-субтропическом поясе юго-восточной части Тихого океана // Вопросы промышленной океанологии. Вып. 2. М., 2005. С. 172–188.
4. Бендик А.Б., Яковлев В.Н. Качественная модель взаимодействия океана и атмосферы в юго-восточном секторе Тихого океана // Вопросы промышленной океанологии. Вып. 2. М., 2005. С. 152–171.
5. Бендик А.Б., Яковлев В.Н. Структурные особенности атмосферных и океанических процессов в юго-восточной части Тихого океана: монография. Калининград, 2008.
6. Бондаренко А.Л., Жмур В.В. О природе и возможности прогнозирования явления Эль-Ниньо – Ла-Нинья // Метеорология и гидрология. 2004. №1. С. 39–52.
7. Бондаренко А.Л. Эль-Ниньо – Ла-Нинья: механизмы формирования // Природа. 2006. №5. С. 39–47.
8. Гуцица Д.Ю., Девишт Б., Петросяц М.А. Объединенная модель атмосферы и тропического Тихого океана. Прогноз явления Эль-Ниньо – Южное колебание 1997–1998 гг. // Изв. РАН. Физ. атм. и ок. 2000. Т. 36, №5. С. 581–604.
9. Кондратьев К.Я. Изменения глобального климата: реальность, предположения, вымыслы // Исследования Земли из космоса. 2002. №1. С. 3–23.
10. Рабинович М.И., Фабрикант А.Л., Цимринг Л.Ш. Конечномерный пространственный беспорядок // Успехи физических наук. 1992. Т. 162, №8. С. 1–42.
11. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. М., 2002.
12. Цыганов В.Ф., Бендик А.Б. Распределение доступной потенциальной энергии и особенности динамики вод Перуанского района // Океанологические факторы в промышленном прогнозировании: сб. науч. тр. Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Калининград, 1984. С. 66–74.
13. Baturin N.G., Niiler P.P. // Journal of Geophysical Research. 1997. Vol. 102. P. 27, 771–777, 793.
14. Bradley R.S. Many citations support global warming trend // Sei. 2001. Vol. 292. P. 2011.
15. Halpern D., Knox R.A., Luther D.S. // Journal of Physical Oceanography. 1998. Vol. 18. P. 1514–1534.
16. Wang C.Z., Weisberg R.H., Virmani J.I. Western Pacific interannual variability associated with the El Nino- Southern Oscillation // Journal of Geophysical Research. 1999. Vol. 104. P. 5131–5149.
17. Wang C.Z. and Picaut J. Understanding ENSO physics – A review, in Earth's Climate. The Ocean-Atmosphere Interaction // Geophysical Monograph Series. 2004. Vol. 147. P. 21–48.

Об авторах

А.Б. Бендик – канд. геогр. наук, ст. науч. сотр., АтлантНИРО, bendik@atlant.baltnet.ru
В.Н. Яковлев – д-р геогр. наук, проф., АтлантНИРО, vn.2004@mail.ru



Authors

Dr. A. Bendik, Senior Research Associate, AtlantNIRO (Atlantic Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography), bendik@atlant.baltnet.ru

Prof. V. Yakovlev, AtlantNIRO (Atlantic Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography), vn.2004@mail.ru