

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

## ПРОГНОЗ ПОЛЕЙ ПРИЗЕМНОГО ДАВЛЕНИЯ И ОСАДКОВ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Бобрикова И.В.

Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Владивосток, Россия

## THE SURFACE PRESSURE FIELD FORECAST IN THE REGIONAL HYDRODYNAMIC MODEL

Bobrikova I.V.

Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Vladivostok, Russia

*The article contains the results of surface pressure prognostic fields and precipitation synoptic analysis on a basis of the regional hydrodynamic model for the East Siberia and Russian Far East territories. The author provides a comparison of expected fields with the Braknell meteorological center forecasts and the GIS-Meteo ground observations data. The quality of depth and trajectory prognoses of two tropical cyclones, which took place in the forecast territory in the summer of 2004, has been analyzed.*

С июля 2003 г. Дальневосточный региональный вычислительный центр выпускает карты прогнозов приземного давления и осадков, рассчитанные по региональной гидродинамической модели (РГДМ) [2]. Полный комплекс стандартных оценок качества модели опубликован в [1]. В оперативной практике важно иметь более наглядное представление о распределении и эволюции барических образований на территории, а также прогноз зон выпадения осадков. В отделе гидрометеорологических исследований и прогнозов (ОГМИП) ДВНИГМИ разработана программа визуализации РГДМ, позволяющая получить графическое изображение полей основных метеорологических элементов (геопотенциал и приземное давление, температура воздуха и интенсивность осадков) в виде слайдов по территориям нескольких УГМС Дальневосточного региона. Дискретность получения слайдов в оперативном режиме – один час, имеется возможность ее увеличения или уменьшения.

Рассмотрены два варианта расчета и визуализации РГДМ [3], отличающиеся областью прогноза (для территории Якутского и Дальневосточного УГМС), в сравнении с базовой полусферной моделью Национального метеорологического центра Соединенного Королевства Великобритании (Брекнелл) и с фактическим распределением приземного давления, представленным в базе данных ГИС-Метео. Сравнились прогнозы положения и интенсивности центров барических образований, динамика приземного давления вне этих центров (в фиксированных точках).

Выявленные систематические ошибки в прогнозе положения центров не превышают 5° по долготе и широте для 90 % прогнозов; тенденция изменения давления вне центров, в фиксированных точках, и время наступления максимумов и минимумов кривой приземного давления определяются удовлетворительно. Сравнение прогнозов интенсивности циклонов выявило небольшие систематические ошибки в сторону занижения приземного давления в центре, что позволяет внести определенные поправки в схему расчетов.

Особенностью атмосферной циркуляции на юге Дальнего Востока России в конце летнего периода является высокая вероятность выхода тропических циклонов (ТЦ). Выход их сопровождается, как правило, выпадением обильных дождей, принимающих иногда характер стихийных бедствий.

В августе–сентябре 2004 г. наиболее опасными были выходы ТЦ 29.08 – 1.09 и 6–9.09. Кратковременный опыт использования региональной модели, не предназначенной специально для таких прогнозов, показал, что траектория смещения и интенсивность этих циклонов на первые сутки прогнозируются удовлетворительно. Правильно предсказываются распределение осадков по территории и время их начала и окончания. Это дает основания использования данной РГДМ в качестве основы при разработке специализированной численной модели прогноза ТЦ.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Испытать и внедрить в оперативную практику Дальневосточного УГМС краткосрочный (до 48 часов) прогноз полей метеоэлементов: отчет по НИР 1.8.3.5; Вербицкая Е.М., Бобрикова И.В., Мякина Л.С. Хабаровск, 2001. 81 с. Инв. № 02200201886.
2. Вербицкая Е.М., Мякина Л.С. Система численного (гидродинамического) прогноза полей метеоэлементов в РСМЦ Хабаровск // Труды ДВНИГМИ. Юбилейный выпуск «ДВНИГМИ – 50 лет». Владивосток: Дальнаука, 2000. С.165–167.
3. Вербицкая Е.М., Лосев В.М. Региональная гидродинамическая модель прогноза полей метеоэлементов для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока // Труды ДВНИГМИ № 151. Владивосток: Дальнаука, 2009. С.6–36.

**МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗА ПОГОДЫ  
ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА РОССИИ**

*Вербицкая Е.М.*

Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Владивосток, Россия

**ON THE METHODS AND TECHNOLOGY OF WEATHER  
FORECASTING FOR THE RUSSIAN FAR EAST**

*Verbitskaya E.M.*

Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Vladivostok, Russia

*The report presents basic methods and technological challenges of hydro-meteorological support analysis and forecast products for the Russian Far East. It also introduces the products presentation and the ways for their delivery to the consumers. The technology development dynamics, increase in their quality and expanding the range of products depending on the technical equipment of the Khabarovsk RSMC were shown. The prospects are discussed for improving technological processes of products output, making for the consumer's demands.*

Вопросы гидрометеорологического обеспечения жизнедеятельности населения, экономического развития инфраструктуры региона трудно переоценить. Погода и климат оказывают существенное, а иногда и определяющее влияние на формирование экономики того или иного региона, административной территории, города.

Современные технологии производства всех видов гидрометеорологических прогнозов (полей метеоэлементов, элементов погоды специализированных прогнозов для нужд авиации, морского, речного, наземного транспорта, энергетики, сельского хозяйства и предупреждение о неблагоприятных погодных условиях и опасных явлениях погоды, могущих привести к стихийным бедствиям или нанести существенный ущерб экономике) предполагают наличие информационной основы, получаемой посредством интегрирования гидродинамических моделей атмосферы различного территориального охвата (от глобальных до мезомасштабных), пространственного разрешения и физического содержания, которые в конечном итоге определяют заблаговременность полученной основы (от нескольких часов до 5–10 суток), ее качество и информационную ценность.

Выпуском гидродинамической основы глобального охвата и большой заблаговременности занимаются, как правило, мировые метеорологические центры (ММЦ) и наиболее развитые национальные метеорологические центры. Продукция этих центров распространяется по каналам глобальной системы телесвязи (ГСТ) в специальных кодах и в виде карт.

Более детальная обработка информации проводится в региональных специализированных метеорологических центрах (РСМЦ) посредством интегрирования региональных гидродинамических моделей, которые используют продукцию глобальных моделей в качестве полей первого приближения для региональных объективных анализов текущего состояния атмосферы и граничных условий. Модели регионального масштаба (общего назначения и специализированные) используются для подготовки информационной основы при составлении краткосрочных (до 48 часов) прогнозов гидрометеорологических характеристик и параметров состояния атмосферы.

В РСМЦ с географической специализацией необходимо наличие региональной прогностической системы численных прогнозов погоды (ЧПП) общего назначения, осуществляющей подготовку информационной основы для диагноза и прогнозов всех основных параметров состояния атмосферы с высоким пространственным и временным разрешением: шаг по горизонтали не более 30 км, не менее 30 вертикальных уровней, выпуск прогнозов с временной детализацией не менее 1 раза в 3 часа. Такая информационная основа используется для формирования прогностических карт различного назначения при подготовке различных видов гидрометеорологических прогнозов.

До 2003 г. аналитическая и прогностическая продукция для Дальневосточного региона России производилась в основном на гидродинамической основе, поступающей по ГСТ из ММЦ США (г. Вашингтон), ЕЦСПП (г. Реддинг), и НМЦ Соединенного Королевства Великобритания (г. Экзетер) с использованием карт японского метеорологического агентства (ЖМ, г. Токио). Кроме того, в РСМЦ Хабаровск рассчитывались прогнозы полей метеоэлементов, вертикальные токи, высота тропопаузы и уровни максимального ветра по квазигеострофической региональной модели с горизонтальным шагом 300 км.

С июня 2003 г. РСМЦ Хабаровск начал выпуск прогностических карт приземного давления и осадков на собственной гидродинамической основе. Оперативные технологии производства гидрометеорологических прогнозов для ДВ-региона России разработаны специалистами НИУ Росгидромета (Гидрометцентром России, ДВНИГМИ и др.), они внедряются в производственную эксплуатацию РСМЦ Хабаровск, где осуществляется расчет оперативных задач, формирование готовой продукции и передача ее потребителю.

---

Основной целью этой работы является обеспечение прогностических учреждений Росгидромета ДВ-региона России аналитической и прогностической продукцией максимально достижимого качества, ассортимента и детализации на имеющейся информации, вычислительной технике и средствах связи.

В докладе излагаются основные технологические решения задачи обеспечения прогностических учреждений Росгидромета Дальневосточного региона России аналитической и прогностической продукцией, формы ее представления и способы доставки потребителю. Показана динамика развития технологий, роста качества и расширения номенклатуры выпускаемой продукции в зависимости от технического оснащения РСМЦ Хабаровск. Обсуждаются перспективы совершенствования технологических процессов в целях выпуска продукции, ориентированной на конкретных потребителей, в результате реализации проекта технического переоснащения РСМЦ Хабаровск.

## **ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ ЗА ПОСЛЕДНИЕ СЕМЬДЕСЯТ ПЯТЬ ЛЕТ**

*Гаёко Л.А.*

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

## **CLIMATE CHANGE IN COASTAL AREAS OF THE NORTHWEST JAPAN SEA IN RECENT SEVENTY FIVE YEARS**

*Gayko L.A.*

V.I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

*The paper deals with the analysis of long-term series observations of sea surface water temperature and the air temperature at 10 coastal (hydro-meteorological) Primorye stations from 1881 to 2009. At all stations a positive trend in the air temperature has been revealed. A significant trend in the water temperature has been revealed only at the Vladivostok and the Posyet stations. The water temperature at the Vladivostok station has increased for 0.79° C, and the air temperature – for 1.68° C. It is established that the size of correlation coefficient between the water temperature and air is the stability indicator. There is a good correlation between the air and the water temperature, except the Nakhodka and Belkin stations. A low correlation coefficient between the water and air temperature at Nakhodka and Belkin stations is explained by local features of water circulation.*

В докладе рассматривается изменчивость температурных условий в северо-западной части Японского моря вдоль берегов Приморского края. Изучение взаимодействия атмосферы и океана в прибрежной зоне является актуальным, так как эти сферы оказывают большое влияние на экономику и экологию побережья. Измерение гидрометеорологических характеристик рассматриваемой прибрежной акватории производят гидрометеорологические станции (ГМС): Посьет, Гамов, Владивосток, Токаревский, Находка – расположенные на юге Приморского края на берегу зал. Петра Великого, и ГМС Поворотный, Рудная Пристань, Белкин, Сосуново, Золотой – расположенные вдоль восточного побережья Приморья. Анализируются данные за периоды инструментальных наблюдений на этих станциях (1881–2009).

Подтверждено, что годовой ход температуры воды и воздуха вдоль побережья Приморья имеют один минимум и один максимум. Экстремальные значения отрицательной температуры приходятся на январь–февраль, положительной – на август. Отрицательные температуры воды на станциях наблюдаются в течение 4-х месяцев (с декабря по март), а на станциях Гамов и Владивосток – 3-х (с января по март). Отрицательные средние месячные температуры воздуха на станциях зал. Петра Великого отмечаются в течение четырех месяцев, за исключением Находки, где так же, как и на станциях восточного побережья, за исключением Поворотного, в течение пяти (еще и в ноябре). На южных станциях различия среднегодовых температур воды достигают 1,6° C, в то время как по температуре воздуха они не превышают 0,7° C, на станциях восточного побережья – 1,3 и 1,4° C, соответственно.

Длительные ряды данных наблюдений позволяют проследить межгодовую изменчивость температуры воды и температуры воздуха. Средняя годовая температура претерпевает год от года весьма значительные изменения с довольно ярко выраженной синхронностью на всех станциях, но для температуры воды характерно большее различие в абсолютных значениях параметров, чем для температуры воздуха.

В ходе температуры воды самые высокие температуры отмечены в Посьете, самые низкие – на м. Сосуново. При этом можно выделить три группы станций: южную, центральную и северную. Кривые температуры воды на южных станциях (зал. Петра Великого) несколько расходятся, так как на ГМС Находка выявлен отрицательный тренд. Станции Поворотный и Рудная Пристань можно отнести к центральной группе, а станции Золотой, Сосуново и Белкин – к северной. Северные станции на всем протяжении демонстрируют четкую синхронность, почти сливаясь друг с другом. Для станций центральной и северной групп характерна большая равномерность в ходе температурных кривых, чем для южных. На этих станциях очевиден рост температуры воды, хотя тренд не значим. Для температуры воды значимый положительный тренд за период наблюдений выявлен только во Владивостоке и Посьете. Графики годо-

вого хода температуры воздуха по каждой станции дают несколько иную картину. Центральная группа станций не выражена, Поворотный вошел в южную, а Рудная Пристань – в северную группу станций. Но на всех станциях выявлен положительный температурный тренд на 5 % уровне значимости.

Посчитано, что на всех станциях Приморского края за последние 75 лет, а во Владивостоке за 100 лет, произошло увеличение и температуры воды, и температуры воздуха. Максимальное увеличение отмечено во Владивостоке и составило соответственно 0,96 и 1,85° C/75, 0,79 и 1,68° C/100 лет.

Важной характеристикой взаимодействия атмосферы и океана является коэффициент парной корреляции между температурой воды и температурой воздуха по станциям. Высокий коэффициент корреляции показывает, что идет естественный радиационный прогрев воды и воздуха, а низкий – что процесс нарушен, произошел или стгон нагретых поверхностных вод, или подток холодных. Самые высокие коэффициенты корреляции между температурой воды и воздуха отмечены для южных станций (0,71–0,78). Исключение составляет Находка, где выявлена самая низкая взаимосвязь между температурами (0,22). По всей видимости, это связано с действием холодного Приморского течения и ветрового апвеллинга в этом районе. Для станций восточного побережья корреляционные связи несколько ниже, чем у южных, сказывается открытость берега. Самый низкий коэффициент корреляции для этого района отмечен на м. Белкин (0,30), возможно влияние Приморского течения.

При рассмотрении графиков аномалий температуры воды и воздуха можно отметить, что до 1988 г. на всех станциях идет квазиравномерное колебание температуры около среднего многолетнего, а с 1989 г. отмечены практически только положительные аномалии.

### **РЕАКЦИЯ МОЛОДИ ГИДРОБИОНТОВ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МАРИХОЗЯЙСТВ ПРИМОРЬЯ)**

*Гайко Л. А.*

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

### **REACTION OF HYDROBIONTS SPAT TO CLIMATIC CHANGES (ON EXAMPLE OF THE MARINE FARMS IN PRIMORSKI KRAI)**

*Gayko L.A.*

V.I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

*This article sets forth the results of statistical analysis of thermohalinic characteristics of four periods of annual developmental cycle of the Japanese scallop. The analysis of results shows that all the parameters undergo a considerable inter-annual variability. Having compared the duration of all four periods in the Japanese scallop development for the periods of 1970–1990 and 1999–2008, it could be noted, that the duration itself had not changed but the maximum and the minimum duration decreased. Good-harvest and low-harvest years are recognized on the basis of the analysis of harvest deviation from the trend.*

В настоящее время в связи с признанным фактом глобального потепления представляет большой интерес оценка возможных последствий климатических изменений на жизнедеятельность гидробионтов. Физико-географические условия Приморья являются предпосылкой развития в его прибрежных водах богатых по видовому разнообразию фауны и флоры. В прибрежных донных сообществах ведущую роль играют двустворчатые моллюски. В докладе рассматривается влияние изменения климата на циклы развития гидробионтов на примере приморского гребешка *Misuchopecten yessoensis* (Jay), являющегося пространственным объектом культивирования. Объекты марикультуры выбраны для изучения влияния на них абиотических факторов потому, что только в марихозиях ведется биологический мониторинг и имеется непрерывный ряд наблюдений над биологическими объектами.

Хозяйства марикультуры, расположенные на юге Приморского края, производят выращивание гидробионтов экстенсивным методом, т.е. в естественной среде, поэтому они находятся в большой зависимости от факторов среды, особенно климатических. В качестве исходной информации при изучении влияния факторов окружающей среды на молодь приморского гребешка взяты данные наблюдений в марихозийстве, расположенном в бухте Миносок (зал. Посьет, зал. Петра Великого). Наблюдения ведутся с 1970 по 2008 гг., но, к сожалению, нет данных с 1991 по 1998 гг. Многолетние ряды данных наблюдений над температурой морской воды и воздуха получены на гидрометеорологической станции (ГМС) Посьет. По данным станции за последние 50 лет средняя годовая температура воды в зал. Посьета увеличилась на 0,25° C, а температура воздуха – на 0,95° C, что вписывается в общую картину глобального потепления.

Для оценки влияния климатических изменений на годовой цикл развития приморского гребешка было выделено четыре важных периода в годовом жизненном цикле моллюсков: I период – от даты устойчивого перехода температуры воды через 0° C весной до начала нереста (вторая половина гаметогенеза), II период – период планктонного развития (от нереста до начала оседания личинок), III период – от

начала до полного оседания личинок, IV период – период от перехода температуры воды осенью через 14° С до устойчивого перехода через 0° С осенью (начало гаметогенеза).

Для дальнейшего анализа был введен термин «урожайность». Под урожайностью понимается плотность осевшего на коллекторы спата гребешка, выраженное в экземплярах на м<sup>2</sup> (экз./м<sup>2</sup>). Высокоурожайные и низкоурожайные годы были выделены на основании анализа распределения отклонений урожайности от тренда.

Далее для всех четырех периодов биологического развития гребешка были вычислены: длительности периодов в сутках, среднепериодные значения температуры, средние квадратические отклонения температуры, сумма градусодней от даты начала периода до даты его окончания, коэффициенты вариации температуры, даты устойчивого перехода температуры воды и воздуха через 0° С весной и осенью и через 14° С осенью. Результаты показали, что все характеристики испытывают значительную межгодовую изменчивость.

По полученным результатам был проведен сравнительный анализ средних величин для временных периодов 1970–1990 и 1999–2003 гг. Прослеживается тенденция сокращения длительности личиночного периода, но значимый тренд выявлен только для промежутка 1970–1990 гг. Наблюдается увеличение продолжительности I периода. На отрезке 1970–1990 гг. тренд значим на 5 % уровне. Длительность периода оседания (III период) сокращается. Продолжительность IV периода подвержена наименьшей вариабельности, тренд не выявлен. Средняя температура периодов изменилась незначительно. При сравнении экстремальных температур периодов очевидно, что их верхняя граница осталась прежней, с разницей меньше 1° С (за исключением I периода, где максимальное значение температуры понизилось на 1,5° С). Нижняя граница температуры для всех периодов повысилась. Уменьшилась величина стандартных отклонений и дисперсии, за исключением IV периода, который приходится на осень. Следовательно, в весенне-летний период температура стала стабильнее, а осенью наоборот. Установлено, что разброс между максимальной и минимальной величинами продолжительности периодов за последние годы уменьшился. Границы периодов как бы сблизились, максимальные значения стали меньше, а минимальные – больше. Средняя многолетняя урожайность за весь период наблюдений с учетом последних лет повысилась и составила 546 экз./м<sup>2</sup>. Для сравнения: за период с 1970 по 1990 гг. средняя урожайность составляла 476 экз./м<sup>2</sup>, а за период 1999–2003 гг. – 650 экз./м<sup>2</sup>.

Таким образом, изменение климата на современном этапе оказывает влияние на молодь гидробионтов в северо-западной части Японского моря.

## **ПОКАЗАТЕЛИ АТМОСФЕРНОЙ ЗАСУХИ КАК ФАКТОР ПОЖАРООПАСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ)**

*Григорьева Е.А.*

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Биробиджан, Россия

## **INDICES OF ATMOSPHERIC DRAUGHTS AS FACTOR OF FIRE RISK (ON THE EXAMPLE OF THE SOUTHERN PART OF THE RUSSIAN FAR EAST)**

*Grigorieva E.A.*

Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS, Birobidzhan, Russia

*Indices of atmospheric draughts are calculated for the southern part of the Russian Far East for the growing period. Peculiarities of its spatial-temporal dynamics are discussed. Maximum values are calculated for April-May, minimum – for July-August, that correlates with precipitation and relative humidity.*

Количество влаги в почве или воздухе относится к главнейшим экологическим факторам в жизни живых организмов. Влажность среды непрерывно изменяется под действием испарения, транспирации, выпадения осадков и прочих факторов.

При недостаточном увлажнении территории возникают засухи. Под засухой понимается комплекс метеорологических и биологических явлений, обусловленных длительным и значительным недостатком осадков при высокой температуре воздуха в вегетационный период [3]. При этом запасы влаги в почве исчерпываются за счет испарения из почвы и транспирации, и создаются неблагоприятные условия для произрастания растений. Их повреждение и гибель происходит вследствие большого несоответствия потребности во влаге и поступления ее из почвы при повышенном термическом режиме.

В настоящее время разработано большое количество показателей атмосферной засухи (увлажнения). Некоторые из них основаны на расчете соотношения количества выпавших осадков к испаряющей способности атмосферы (показатели атмосферного увлажнения Н.Н. Иванова [2] и Д.И. Шашко [5], пловиметрический коэффициент [1]). При расчете других атмосферная засуха оценивается по отношению суммы осадков к их климатической норме или по отношению аномалий осадков и температуры воздуха к

их среднеквадратическим отклонениям [3]. В-третьих, выявляется число дней засушливого периода с относительной влажностью воздуха меньше 30 % [4].

На территории Дальнего Востока России леса занимают значительные площади. Каждый год огромные территории охватываются пожарами как природного, так и антропогенного происхождения. Для выявления особенностей динамики пожаров необходимо выявить характерные черты пространственно-временных изменений основных метеорологических показателей пожароопасности, в первую очередь различных индексов для оценки засушливости территории.

В данной работе проведен расчет показателя атмосферной засухи (ПАЗ) как отношение числа дней с относительной влажностью менее 30 % к числу дней в текущем месяце – по адаптированному методу Л.И. Сверловой [4] для территории юга Дальнего Востока России с апреля по октябрь за период с 2000 по 2009 гг. Используются данные срочных наблюдений по количеству осадков и относительной влажности воздуха для гидрометеорологических станций Смидович, Екатерино-Никольское, Облучье, Биробиджан в Еврейской автономной области; Хабаровск, Кур и Гвасюги в Хабаровском крае, а также станции Архара в Амурской области.

На основной части территории после малоснежной зимы весной наблюдается иссушение почвы и воздуха, дефицит влаги восполняется только во время муссонных дождей. В первую половину лета также возможен дефицит влаги, но в целом за вегетационный период выпадает до 80 % годового количества атмосферных осадков с максимумами в июле и августе. Сентябрь по режиму выпадения осадков ближе ко второй половине лета. Такая же сезонная динамика характерна для относительной влажности воздуха с максимумом в июле-августе, достигающим в среднем за месяц 80–85 %.

Выявлено, что показатель атмосферной засухи испытывает заметные колебания в течение теплого периода, что связано с особенностями выпадения осадков и временной динамики относительной влажности в условиях муссонного климата умеренных широт. В целом по всей рассматриваемой территории ПАЗ максимален в апреле-мае и достигает величины 6–12 дней с относительной влажностью менее 30 %, или 20–40 % от общего числа дней. Величины показателя в июне и сентябре отличаются незначительно и составляют 2–4 дня, или 10–15 %. Минимальны значения показателя в июле-августе, когда дни с низкой относительной влажностью практически не наблюдаются.

При рассмотрении особенностей пространственного распределения выделяются станции Облучье и Архара – самые западные в территориальном расположении, т.е. менее всего испытывающие действие муссонной циркуляции, а также станция Кур – самая южная из изучаемых и, соответственно, с самым высоким температурным фоном. Здесь показатели атмосферной засухи в апреле-мае максимальны и составляют 15–20 дней, т.е. достигают 70 %. В целом за период с апреля по октябрь на этих станциях наблюдается 34–39 дней с низкой относительной влажностью. Минимальны величины показателя атмосферной засухи, рассчитанные по данным станций Смидович, Хабаровск и Гвасюги – 6–8 дней (20–25 %) в период с минимальным количеством осадков и минимальной относительной влажностью весной, а также с минимальным количеством дней с влажностью ниже 30 % в целом за вегетационный период (22–25 дней).

Для всех гидрометеорологических станций были также рассчитаны коэффициенты корреляции между показателем атмосферной засухи и относительной влажностью воздуха. Выявлены достаточно высокие значения коэффициента корреляции (-0,79÷ -0,91), что объясняется тесной зависимостью этих показателей.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 10-05-98006-р\_сибирь\_а.*

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бучинский И.Е. Засухи и суховеи. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 194 с.
2. Иванов Н.Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара // Записки ВГО. 1948. 118 с.
3. Педь Д.А. Климатические особенности атмосферных засух и избыточного увлажнения // Труды ГМЦ СССР. 1975. Вып. 156. С. 39–61.
4. Сверлова Л.И. Влияние засухи, избыточного увлажнения почв на формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Хабаровск: Хабаровский филиал ГМЦ СССР, 1990. 119 с.
5. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. М.: Колос, 1967. 335 с.

---

**ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
В РАЙОНАХ ПОДВОДНЫХ ГОР СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА**

*Дарницкий В.Б.<sup>1</sup>, Ищенко М.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, Владивосток, Россия

<sup>2</sup>Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

**THE FEATURES OF SOME ECOLOGICAL PROCESSES  
NEAR SEAMOUNTS OF THE NORTH PACIFIC**

*Darnitskiy V.B.<sup>1</sup>, Ishchenko M.A.*

<sup>1</sup>Pacific Scientific Fisheries Research Center;

<sup>2</sup>V.I. Ilyichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

*At the present time, we may assume that the uneven bioproductivity in different areas and the associated differences in the quantitative distribution of marine organisms, their concentration in a relatively limited area is a consequence of spatial heterogeneity of physical and geographical conditions of the World oceans. Formation of high- and low-productive areas is largely determined by the significant differences of water dynamics, physical-chemical properties of water masses, as well as the morphology of the bottom, indirectly affecting the above factors. In our case, an important natural factor that has a large and extremely diverse effects on the formation of biological productivity and the distribution of fish in the ocean is the ocean floor topography – namely, Seamounts.*

В настоящее время можно считать, что неравномерное биопродуцирование разных акваторий и связанные с этим различия в количественном распределении морских организмов, концентрация их в сравнительно небольших по площади районах является следствием пространственной неоднородности физико-географических условий Мирового океана. Формирование высоко- и низко- продуктивных зон во многом определяется существенными различиями динамики вод, физико-химических свойств водных масс, а также морфологии дна, косвенно влияющей на вышеперечисленные факторы.

В нашем случае, важным природным фактором, оказывающим значительное и весьма разностороннее воздействие на процессы формирования биологической продуктивности и распределение рыбопродукции в океане является рельеф океанского дна – а именно подводные горы; ими, наряду с другими факторами океанической среды, во многом обусловлено существование границ как экологических зон, так и рыбопродуктивных районов, особенно в Тихом океане.

Суть этого явления сводится к тому, что под влиянием положительных форм рельефа дна, в районах поднятий активизируются различные гидродинамические процессы: происходят сложные вертикальные и горизонтальные движения вод, наблюдаются локальные зоны подъема и опускания вод с повышенными значениями минеральных веществ или кислорода соответственно: здесь генерируются вихревые образования; наблюдаются вергентные явления, а также смещения вод различных структур в погранслоях и, как следствие, фаун разного генезиса, населяющих эти воды.

Интенсивность гидродинамических процессов в районах подводных гор, наряду с другими факторами, зависит от мощности и скорости набегающего потока, от величины и морфологических особенностей рельефа подводных препятствий. Уже первые модельные эксперименты, выполненные в прошлом веке Уда и Ишино (1957) показали, что при обтекании тела, имеющего форму усеченного конуса, как над склоном, обращенном к набегающему потоку, так и над противоположным склоном возникают подъемы вод. Сходные явления, происходят и в районах подводных поднятий. По данным Варечкина например, наибольшее содержание взвеси (461 мг/л) на горе Дансия (зона Канарского течения) наблюдалось на северной стороне горы, обращенной к набегающему течению; увеличение содержания взвеси до 2,4 мг/л отмечалось и на южном склоне. В то же время, над центральной частью горы содержание взвеси было минимальными (0,8 мг/л).

Роль подводных гор в мелиорации всей толщи океана и формировании его биологической продуктивности исключительна велика. В большинстве случаев, однако, эти явления маскируются в верхнем квазиоднородном слое океана за счет ветрового перемешивания и выравнивания характеристик водных масс вследствие турбулентности, внутренних волн, ветровых (дрейфовых) течений и др. аналогичных процессов.

Уровень продуктивности океанических вод неизбежно уменьшается по мере удаления от хребтов и других поднятий. Однако, высокопродуктивные зоны за счет перераспределения вещества и энергии в вихревых системах наблюдаются в десятках и сотнях миль по течению за подводной возвышенностью. Поэтому влияние подводных поднятий на продуктивность океана оказывается более значительным, чем в узлокальных зонах непосредственно вблизи гор.

Помимо апвеллинговых явлений, изменение направления движения вод, обусловленное топографией дна, приводит к образованию в районах поднятий разнонаправленных (циклонических и антициклонических) круговоротов – вихрей разного пространственно-временного масштаба, большинство из кото-

рых оказываются периодически квазистационарными вследствие постоянства причин их вызывающих. Существенную роль при этом играет поле ветра над морем [Зырянов, 1985].

Смена же направления ветра будет приводить к смене знаков завихренности циркуляции над подводными горами [Дарницкий, 1980; Харамонов, Мишанина, 1982], а продолжительность такой циркуляции определяется продолжительностью действия ветра. В итоге, над подводными горами в верхнем квазигомогенном слое возникает локальная циркуляция вод как с циклонической так и с антициклонической завихренностью, зависящей от направления и скорости ветра [Мишанина, Дарницкий, 2002].

Большую роль в возникновении глубинных вихрей играет неустойчивость крупномасштабных течений. В океане синоптические вихри обязаны своим происхождением неустойчивости крупномасштабных течений, причем энергия вихревого поля в центральных круговоротах оказывается приблизительно на порядок меньше, чем в гидродинамических более активных краевых областях, таких, как пограничные течения типа Куроисио и Гольфстрим, где также генерируются вихревые образования фронтального генезиса.

Исследования ТИНРО показывают, что вихри с горизонтальным масштабом от нескольких километров до 100 км и более наблюдаются всюду, где подводные возвышенности поднимаются достаточно близко к уровенной поверхности океана и вершины их расположены в верхнем бароклинном слое.

В настоящее время научные сообщества мореведов различных стран обеспокоены неконтролируемым выловом (без квотирования) рыб и ракообразных на подводных горах вне пределов экономических зон различных государств. Например, происходит варварское истребление различных видов акул, обитающих на подводных горах и Коралловых рифах. Ежегодно уничтожается около 100 млн акул (по данным журнала National Geographic).

В настоящее время требуется возобновление изучения этого потенциального ресурса Мирового океана, равно как и восстановление деятельности научного флота в открытом океане, где Россия внесла основополагающий вклад в изучение океанографии и биологических ресурсов за пределами экономических зон иностранных государств.

## **ВЛИЯНИЕ СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКОЙ И АРКТИЧЕСКОЙ ОСЦИЛЛЯЦИЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ГОРНОГО АЛТАЯ**

*Мальгина Н.С., Зинченко Г.С., Безуглова Н.Н., Папина Т.С.*

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

## **NORTH ATLANTIC AND ARCTIC OSCILLATIONS INFLUENCE ON THE ALTAI TEMPERATURE**

*Malygina N.S., Zinchenko G.S., Bezuglova N.N., Papina T.S.*

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia

*In this paper we consider the temperature regime of Gorny Altai in the last thirty years. The aim is to link the variability of temperature with the influence of large-scale processes in the ocean – atmosphere system. The NAO Indices – North Atlantic Oscillation and AO – Arctic Oscillation are used as indicators. In the process of the work statistically significant links between the temperature in the Altai region cold period, with an index of AO, were received, due to the development of its positive and negative phases.*

Современное глобальное потепление [IPCC, 2007; Доклад об изменении климата в России] реализуется в виде крупномасштабных положительных аномалий приземной температуры воздуха, повторяемость которых значительно увеличилась в последние десятилетия [Попова, 2006; Груза, 2003]. В северной Евразии они наблюдаются главным образом зимой. Какова бы ни была природа современного потепления, непосредственная причина этих аномалий – усиление циклонической активности в средних и высоких широтах Евразии, связанное с изменением крупномасштабной атмосферной циркуляции, которое отражается в ряде показателей, в частности, в колебаниях индексов Северо-Атлантического и Арктического колебаний.

Индекс NAO определяют как нормализованную разность давлений между двумя важными центрами действия атмосферы: Азорским максимумом и Исландским минимумом. NAO является общепринятым индексом для анализа климатических изменений, так как отражает планетарные колебания системы океан-атмосфера и представляет собой суммарный показатель состояния циркуляции в средних широтах Северной Атлантики.

Индекс АО характеризует периодическое усиление и ослабление арктического атмосферного вихря. Активизация АО связана с усилением циклонической деятельности над арктическим бассейном и способствует повышению температуры воздуха и увеличению осадков на Евразийском континенте.



Значения индексов NAO и АО высоко коррелируют между собой, однако изменения приземной температурой воздуха на Евразийском континенте, согласно Thompson & Wallace (1998), более сильно связаны с изменениями индекса АО.

Наиболее перспективным районом для исследований зависимостей температурного режима от изменений индексов АО и NAO в Евразии на региональном уровне является Горный Алтай, расположенный на границе раздела между тайгой, пустынными и полупустынными районами Центральной Азии, представляющий собой орографический барьер для западного переноса воздушных масс и отличающийся резко континентальным климатом.

С целью анализа влияния NAO и АО на температурный режим Алтая в течение последнего тридцатилетия (1980–2008 гг.) использовались как среднегодовые, так и среднемесячные данные значений индексов циркуляции и температуры воздуха. Данные об индексах циркуляции взяты в Центре прогнозов климата национального управления по исследованию океана и атмосферы США (NOAA). Данные о температурном режиме были получены из наблюдений на горных метеорологических станциях Алтая – Усть-Кокса (50,3° с.ш., 85,6° в.д.; абсолютная высота 978 м), Яйло (51,8° с.ш., 87,6° в.д.; абсолютная высота 478 м), Ак-Кем (49,9° с.ш., 86,7° в.д.; абсолютная высота 2050 м). Все метеостанции расположены в сходных формах рельефа и имеют однотипные условия защищенности метеорологических площадок.

В процессе работы основное внимание было уделено холодному периоду, когда центры действия NAO и АО максимально выражены. При этом в холодный период были включены месяцы с ноября по март (с отрицательными среднесуточными температурами воздуха и устойчивым снежным покровом).

Проведенный корреляционный анализ рядов индексов циркуляции NAO, АО и температуры по данным горных станций Алтая показал следующее. Значимая корреляционная связь ( $r=0,40-0,47$ ) наблюдается при сопоставлении температурных рядов с данными индекса АО. Связь между многолетними рядами температуры и индекса NAO статистически незначима. Такой результат получен не только при анализе данных зимнего периода, но и с учетом среднегодовых характеристик.

Статистически значимую прямую связь температуры воздуха Горного Алтая с циркуляционным индексом АО можно объяснить следующим: при активизации АО территориально расширяется зона его влияния, в результате чего по южной периферии Арктического циркумполярного вихря вдоль средних широт I естественно-синоптического района Северного полушария происходит вынос относительно теплых и влажных Атлантических воздушных масс. В противоположной фазе, когда над Арктическим бассейном формируется поле высоко давления, на районы Западной Сибири (вплоть до ее южных границ) распространяется холодный воздух со стороны Карского моря и Якутии. Дополнительное местное радиационное выхолаживание глубоко континентальной территории способствует установлению погоды со значительными отрицательными аномалиями температуры воздуха.

Что касается слабой корреляции температурных рядов с индексом NAO, то это, на наш взгляд, может быть связано с меньшей распространенностью влияния данного центра действия в направлении южных широт.

Полученные результаты являются предварительными. Для уточнения связи изменений климатических характеристик изучаемого района с динамикой атмосферных центров действия Северного полушария планируется проведение соответствующего статистического анализа данных соседних с Горным Алтаем территорий, а также привлечение дополнительной метеорологической информации не только о температуре воздуха, но и осадков, и других метеорологических характеристик.

## **ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ПОЧВ В РАЙОНЕ ЗЕЙСКОЙ ГЭС**

*Морина О.М., Демидова Т.С., Морин В.А.*

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

## **DYNAMICS OF THE AIR AND SOILS TEMPERATURE AROUND ZEYSKY HYDROELECTRIC POWER STATION**

*Morina O. M., Demidova T.S., Morin V.A.*

Pacific State University, Khabarovsk, Russia

*The problems on the account of regional climatic features around the Zeysky water basin are considered. The results of interfaced the air and soil temperature analysis, on the basis of the schedules constructed in MS Excel, are described. It is established that vectors of the soil and air temperature can not coincide, and that the amplitude of fluctuations in temperatures in the soil is higher, than that in the air.*

Отмечающиеся активные изменения климата в основном связывают с ростом парниковых газов. Вместе с тем, среди множества причин динамики климатических показателей и явлений следует назвать: астрономические, солнечные и просто земные, такие как цикличность разной продолжительности от десятков до сотен и тысяч лет. И очень редко существующую обеспокоенность изменениями климата свя-

зывают с таким антропогенным фактором, как строительство водохранилищ. Вместе с тем, огромное преобразование ландшафтов суши не может не сказаться на изменении гидроклиматических характеристик.

До 1900 г. в мире было всего 41 водохранилище объемом более 100 млн м<sup>3</sup>. В период 1901–1950 гг. построено 540 водохранилищ. В настоящее время почти половина рек в мире имеют как минимум одну крупную плотину. Половина больших плотин в мире были построены исключительно или в основном для орошения. До 40 % поливных земель в мире орошается водой из плотин. По оценкам от 40 до 80 млн. человек в мире были вытеснены водохранилищами со своих мест проживания. Вместе с тем, количество смертей от влияния водохранилищ на изменение экологической обстановки на два порядка меньше, чем от действующих атомных электростанций. По количеству плотин в мире на первом месте стоит Китай – 22000 (45 %), Затем США – 6575 (14 %), Индия – 4291 (9 %), Япония 2675 (6 %), в России создано 2300 водохранилищ. Несомненно, плотины вносят значительный вклад в изменение климатических особенностей пусть даже на региональном уровне.

Распределение гидроэнергетических ресурсов по территории РФ неравномерно. Оптимальные климатические условия для работы ГЭС складываются в Амурской области (18–20 у. е.), Приморском крае, южной части Хабаровского края, на Сахалине и Камчатской области. В этих районах Дальнего Востока преобладает муссонный тип климата, при котором количество жидких осадков достаточно велико (500–700 мм в год), а режим их выпадения относительно стабилен.

Влияние антропогенеза в связи со строительством и эксплуатацией водохранилищ чрезвычайно велико. Известно, что водохранилища в Средней Азии настолько увеличивают соленость воздуха и почв, что для расселения последних на каждый процент повышения концентрации необходимый объем воды должен составлять десятки кубических метров. Последствием роста солености воздуха является активная абляция прилегающих горных ледников.

Считается, что зона активного климатического воздействия прямо пропорциональна площади водохранилищ, и чаще всего распространяется в сторону суши на расстоянии 0,5–12 км от береговой линии, на сибирских водохранилищах на 2–5 км, на Амурских [Мордовин, 1984] на 0,5–1 км. В наибольшей мере влияние водохранилищ сказывается на величине радиационного баланса дневной поверхности, температуре и влажности воздуха, скорости и повторяемости ветров различных направлений. Влияние на микроклимат прибрежной зоны неодинаково в течение года. Температура и влажность воздуха в период ледостава практически не отличается от наблюдаемых в естественных условиях. В мае, июне и сентябре, т.е. в период посадки и сбора сельскохозяйственных культур, температура ниже на 1,5–3,0° С, из-за чего увеличиваются потери урожая.

Динамику изменения климатических характеристик в районе Зейской ГЭС можно проследить по близлежащим метеостанциям: Унаха для северо-запада исследуемого района, Бомнак – для севера, Зeya и Дeп-Долбырь – для южной части.

В качестве источника информации использовались метеорологические ежегодники и ежемесячники, из которых выбиралась сведения о ежемесячной температуре по вышеназванным метеостанциям с момента организации наблюдений по 2007 г. включительно. Данные гидрометеослужбы обрабатывались методом скользящих пятилетий как наиболее оптимального для этого ряда наблюдений подхода.

Графики динамики температур, построенные в MS Excel, анализировались по линии тренда. Ровная горизонтальная полоса средней температуры принималась за стабильное состояние. В остальных случаях изменения температур отражалась как потепление, если аппроксимирующая поднималась вверх, или как понижение, если она опускалась вниз.

Как показал анализ, распределение среднегодовых, зимних и ранневесенних (ноябрь–апрель) температур воздуха в основном совпадают с общими закономерностями по северному полушарию, т.е. отмечается рост температуры. Со второй половины лета (июль–август) и по середину осени (сентябрь–октябрь) температура воздуха в 30 % случаев стабильна, в 62 % – значительно снижается. Нетипичным образом для территории области формируются температуры мая – они также в основном стабильны или испытывают снижение. Поскольку данная тенденция отличается от общей картины динамики изменений, характерных для юга Дальнего Востока, можно предположить, что она обусловлена влиянием водохранилища.

Изучение динамики температуры почвы термометрами Савинова за пятилетний период с 2005 по 2009 гг. позволило выявить следующие особенности. Вектор динамики температур почвы в верхнем 20-сантиметровом слое в основном повторяет ход температуры воздуха. Исключением стал 2005 г., в котором отмечается противоположная направленность изменения температур во все теплые месяцы.

Считается, что амплитуда колебаний температуры в почве уменьшается с глубиной и всегда меньше, чем в воздухе. В наших условиях амплитуда колебаний температуры в почве по пятидневным усредненным значениям за сравниваемый период на 0,7° С выше, чем в воздухе и составляет в среднем 11,1° С против 10,4° С в воздухе. Все это указывает, во-первых, на быстрое разрушение твердой фазы почвы, и как следствие, увеличение выноса взвешенных веществ через внутрипочвенный сток в водоемы и водотоки, изменяя их гидрохимические показатели. Этому же способствует выявленный рост температуры

почвы. Во-вторых, этот процесс может вызвать ускорение заиления. Известны случаи, когда водохранилища, сооруженные без достаточного учета режима наносов, заилились в течение 5–10 лет. В-третьих, это указывает на высокую уязвимость территории и необходимость проведения рационального природопользования, чтобы свести к минимуму антропогенные нарушения целостности изучаемого района.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Управления научных исследований и инновационных программ Федерального агентства по образованию в рамках государственного контракта 1712 от 23.09.2009 г.*

## МНОГОЛЕТНИЕ ФЛУКТУАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ХАБАРОВСКЕ

*Новороцкий П.В.*

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

## LONG-TERM FLUCTUATIONS OF THE AIR TEMPERATURE IN KHABAROVSK

*Novorotsky P.V.*

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

*The temperature of air in Khabarovsk for the period of 1891–2008 is analyzed. The cycles of various duration and the periods of warming and cooling are revealed. For the whole period of observation a positive trend of warming exceeding global temperature changes is observed.*

Многолетние колебания температуры воздуха в г. Хабаровске существенно влияют на экологическое состояние города, эмоциональное и психологическое состояние горожан, условия их труда и отдыха.

По классификации климатов Б.П. Алисова [1], принятой в России, город Хабаровск находится в области муссонов умеренных широт, с четким чередованием зимнего и летнего муссона. Муссонность обуславливает суровую малоснежную зиму, теплое избыточно влажное лето и относительно теплую и сухую осень и прохладную весну. В то же время годы с влажными и очень влажными теплыми сезонами здесь нередко чередуются с засушливыми. В отдельные годы количество атмосферных осадков может отличаться от среднегодовой величины в два и более раза, а в отдельные месяцы различных лет во второй половине теплого периода количество осадков может быть больше или меньше нормы в пять и более раз. В отдельные годы за сутки может выпасть больше месячной нормы. В другие годы отмечаются засухи, когда в летние месяцы осадки отсутствуют в течение нескольких недель [2].

Исходными материалами для исследования многолетних колебаний температуры воздуха в Хабаровске послужили оценки среднемесячных температур воздуха за период с 1891 по 2008 гг. по метеостанции Хабаровск (48,5° с.ш., 135,2° в.д.). Для выполнения этой задачи были использованы климатологические справочники, а также фондовые материалы Дальневосточного управления гидрометслужбы. В рядах станции в начале периода наблюдений в отдельные годы имеются пропуски. Для восстановления пропущенных величин были дополнительно привлечены данные, снятые для района г. Хабаровска с карт отклонений температуры воздуха и осадков от средних многолетних, составленных в ГГО им. А.И. Воейкова [3].

В ходе выполненной работы проведен анализ температуры воздуха в Хабаровске за период наблюдений с 1891 по 2008 гг. Оценены аномалии температуры, рассчитанные как отклонения средней температуры воздуха за определенный период года от нормы. В настоящее время для оценки нормы Всемирной метеорологической организацией рекомендован тридцатилетний период с 1961–1990 гг., который был взят нами за основу. За весь период наблюдений 1891–2008 гг. среднегодовая температура воздуха в Хабаровске составила 1,6°С и изменялась от 3,9°С в теплые годы, до -0,7°С – в холодные, что равноценно смещению города по широте на ±2–2,5° севернее или южнее.

Наиболее неустойчивый температурный режим в Хабаровске отмечается в холодный период года. В этот период диапазон изменений среднемесячной температуры воздуха составляет от 11 до 14°С. Из всех сезонов года наиболее стабилен температурный режим в теплый период года – колебания температуры воздуха от года к году не превышают 5–9°С. Это же подтверждают величины среднеквадратического отклонения  $\sigma$ . В холодный период года  $\sigma$  в среднем в два раза выше, чем в теплое полугодие.

В Хабаровске кривая годового хода температуры воздуха не совсем точно воспроизводит изменение вековой температуры в целом для Северного полушария. В городе отмечается общий фон повышения среднегодовых температур воздуха с конца позапрошлого века до современного периода. На этом фоне наблюдаются относительно короткие периоды похолоданий и потеплений. Расчет среднегодовых температур для десятилетий и двадцатилетий позволяет сделать вывод о нестабильности температурного режима в Хабаровске за период наблюдений. Относительно теплое десятилетие 1891–1900 гг. здесь сменилось в начале XX века холодным десятилетием 1901–1910 гг. В 1930-е годы отмечается вновь небольшое потепление, а в 1940-е годы – слабое похолодание. В 1970-ые и особенно 1980-ые наступает стабильное

и самое продолжительное потепление в Хабаровске с начала инструментальных наблюдений за температурой воздуха.

В целом для Земного шара самыми теплыми были 1998, 2003 и 2005 гг., отклонение от нормы составило соответственно  $+0,58^{\circ}\text{C}$ ,  $+0,47^{\circ}\text{C}$  и  $+0,48^{\circ}\text{C}$  ([www.climate.mecom.ru](http://www.climate.mecom.ru)). Для Хабаровска самыми теплыми были 1989–1990, 2007–2008 гг., отклонение от нормы составило  $1,4\text{--}2,1^{\circ}\text{C}$ . В последние годы в Хабаровске продолжается повышение среднегодовой температуры воздуха, в период 2001–2008 гг. она превысила норму на  $0,7^{\circ}\text{C}$ .

Важно отметить, что потепление климата в Хабаровске оказалось заметно больше глобального. Разность между максимумом и минимумом среднегодовой температуры здесь достигает  $4,5^{\circ}\text{C}$ , в то время как для земного шара он лишь несколько превосходит  $1^{\circ}\text{C}$ .

За период наблюдений 1891–2008 гг. методом наименьших квадратов в многолетних изменениях приземной температуры воздуха в Хабаровске выявлен статистически значимый (уровень достоверности превышает 95 %) положительный линейный тренд роста среднегодовой температуры воздуха со скоростью  $0,12^{\circ}\text{C}$  за 10 лет. За период с 1976 по 2008 гг. скорость потепления в Хабаровске возросла более, чем в два раза и составила  $0,26^{\circ}\text{C}$  за 10 лет.

Для оценки вклада отдельных месяцев в среднегодовую температуру воздуха выполнено сравнение средних месячных температур воздуха за последние 28 лет со средними температурами в начале XX века (период 1891–1920 гг.). Наибольшее потепление за столетний период в Хабаровске произошло в холодный период года, особенно с декабря по март от  $1,8$  до  $2,6^{\circ}\text{C}$ . Меньше всего тенденция к потеплению выражена в летний период от  $0,4$  до  $0,9^{\circ}\text{C}$ , в августе и сентябре отмечается небольшое похолодание на  $0,1^{\circ}\text{C}$ . В весенние месяцы (апрель–май) рост температуры составляет от  $1,3\text{--}1,7^{\circ}\text{C}$ . В октябре–ноябре скорость потепления составляет от  $0,6$  до  $1,0^{\circ}\text{C}$ .

На фоне выявленных вековых линейных трендов повышения температуры воздуха в Приамурье можно обнаружить более короткие периоды потепления и похолодания. Методами спектральной плотности выявлены статистически значимые циклы различной длительности. Годовые и зимние температуры в Хабаровске изменяются с периодичностью 2, 4, 7, 9–10, 17, 22 года; весной – 2, 5, 9, 22 года; летом – 2, 4–5, 7, 10, лет; осенью – 2, 10 и 16 лет.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Алисов Б.П. Климат СССР. М.: Высшая школа, 1956. 104 с.
2. Бабурин А.А., Петров Е.С. Календарь природы города Хабаровска и его окрестностей. Хабаровск: Приамурское географическое общество, 2004. 96 с.
3. Карты отклонений температуры воздуха и осадков от многолетних средних северного полушария. Вып. 1–4. Л., 1961–1967.

### **ОСОБЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ В БАССЕЙНЕ АМУРА В СВЯЗИ С КРУПНЫМИ ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ**

*Соколова Г.В.*

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

### **SPECIAL CONDITIONS OF FRESHET FORMATION IN THE AMUR BASIN, CONNECTED WITH LARGE-SCALE FOREST FIRES**

*Sokolova G.V.*

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

*The work gives an account of the large forest fires influence in the North-East Asia tracks on the cyclones development.*

Очевидно, что водность рек Амурского бассейна зависит от активности процесса возникновения и развития циклонов в атмосфере и распределения выпавших осадков по территории. На первый взгляд от этих же факторов зависит и опасность лесных пожаров, их количество, т.е. чем больше осадков, тем больше водность и тем меньше пожаров. Однако это не всегда так. Например, гидрологи-прогнозисты, следящие за развитием атмосферных процессов, нередко сталкивались в 1970–1980 гг. с макромасштабными нарушениями зонального переноса (потоками вдоль параллелей), ответственными за аномальное распределение осадков и температур воздуха по территории. Так было при составлении долгосрочных гидрологических прогнозов водного и ледового режима в амурском бассейне. Анализ и поиск причин неоправдавшихся прогнозов указывали на крупномасштабные изменения по типу процессов блокирования (когда траектории подвижных циклонов и антициклонов отклоняются от западного направления) под воздействием неизвестных тогда факторов, не учитываемых в прогностических уравнениях. Ими оказались крупные лесные пожары, обширно задымляющие атмосферу [2–3].

При верховых павальных пожарах в лесах Восточной Сибири и Дальнего Востока дымовой аэрозоль выносится током конвекции в тропосферу, где формируются воздушные массы и фронты, развиваются циклоны и антициклоны. Увеличивая плотность, вязкость и удельный вес воздуха, дымовой аэрозоль присутствует в атмосфере от нескольких недель до нескольких месяцев. Китайскими учеными с помощью данных спутниковых и стационарных наблюдений за черными бурями и их последствиями выявлены значительные изменения на метеополях атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра [4]. Авторы отмечают проявление эффекта торможения воздушных масс за счет увеличения плотности воздуха инородными аэрозолями. Ими установлено, что влияние черных бурь на состояние атмосферы (поля метеозлементов) оказывается сильнее, чем пылевых бурь.

Для статистической проверки выдвинутой нами в 2000 г. гипотезы выполнен анализ развития атмосферных процессов в годы с крупными лесными пожарами на северо-востоке Азии и в дождливые пожароопасные сезоны на основе использования аэрологических, синоптических и спутниковых материалов за более полувековой период наблюдений. Применен космосиноптический метод анализа карт барической топографии, совмещенных с космоснимками обширного задымления атмосферы крупномасштабными лесными пожарами. Как показал анализ средних месячных карт барической топографии и согласно типовым траекториям по В.А. Архангельскому [1], до начала 1960-х гг. циклоны, пересекая территорию Приамурья, обеспечивали более или менее равномерное относительно нормы распределение осадков, при этом преобладала широтнориентированная высотная фронтальная зона. Исследования показали, что в годы с крупными лесными пожарами наблюдается аномальное перераспределение осадков по территории. В результате в бассейнах рек в районах бушующих лесных пожаров преобладает маловодье, а на сопредельных с пожарами территориях льют проливные дожди, вызывая дождевые паводки редкой повторяемости и переполнение водохранилищ с вынужденными аварийными сбросами.

Так, в 1998 г. на средней высотной карте, например, за август отчетливо выделяется область отсутствия циклонических систем, совпадающая по космоснимкам с областью сильного задымления крупномасштабными пожарами в Хабаровском крае и ЕАО. Траектории циклонов идут в обход задымленной пожарами воздушной массы. Однако несмотря на то, что территория российского Приамурья была иссушена к этому времени лесными пожарами, на Амуре отмечалось наводнение, но оно было вызвано необычными условиями, сложившимися в связи с сильным задымлением атмосферы. При западном переносе воздушных масс циклоны, смешавшиеся на Среднее Приамурье как обычно, в этом году не пересекали плотную задымленную воздушную массу, проливая обильные дожди на территорию Читинской области и вызывая наводнения на реках Шилке и Аргуни, а также на реках Северного Китая. Дождевые паводки с рек этих двух регионов и обусловили наводнение на Амуре. Огромный водяной вал с Верхнего Амура транзитом двигался вниз по течению реки до устья, принимая в себя на Среднем Амуре полную водную р. Сунгари.

В 2007 г. на водных объектах севера Амурской области возникли чрезвычайные ситуации, подобно 1998 и 2006 гг. В первом случае (в 1998 г.) наблюдались катастрофические наводнения на севере Китая, во втором случае (в 2006 г.) – рукотворное наводнение в Красноярском крае (ниже плотины Красноярской ГЭС) и в третьем случае (в 2007 г.) – рукотворное наводнение в Амурской области (ниже плотины Зейской ГЭС). Так, 17 июля из-за сильных проливных дождей на севере Амурской области начался резкий подъем воды на реках, стекающих в водохранилище Зейской ГЭС, что привело к его переполнению. Вынужденные аварийные сбросы воды обусловили подтопление жилых домов и приусадебных участков в населенных пунктах, расположенных ниже плотины – в городе Зея и селе Овсянка. В это же время в июле в южных районах Хабаровского края – Ванинском, Хабаровском, Совгаванском, Нанайском, Верхнебуреинском – был объявлен 4 класс пожарной опасности в лесах, а в районе имени Лазо – 5 класс.

Таким образом, крупные лесные пожары в районах Северо-Восточной Азии с обширным задымлением атмосферы, где формируется погода, оказывают влияние на макромасштабные изменения свойств западного переноса, создавая условия для аномального распределения осадков по территории, от которого зависит водность Амура и лесопожарная обстановка.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Архангельский В.Л. Влияние Сихотэ-Алиня на синоптические процессы и распределение осадков. Л.: Гидрометеоздат, 1959. 164 с.
2. Соколова Г.В. Изучение режима воздушных масс над российско-китайским Приамурьем в связи с задымлением атмосферы лесными пожарами и аномалиями сопредельных территорий // Российско-китайское приграничье в интеграционных процессах в СВА: проблемы и перспективы: материалы междунауч. науч. конф. г. Благовещенск. 27–29 сент. Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2007. С. 57–61.
3. Соколова Г.В., Тетерятникова Е.П. Проблемы долгосрочного прогнозирования пожарной опасности в лесах Хабаровского края и Еврейской автономной области по метеорологическим условиям. Хабаровск: ДВО РАН, 2008. 150 с.

4. Ma Yu, Wang Xu [et al.]. Analysis of the occurrence of black dust in the northern foot hills of Tien Shan. Beijing daxue xuebao. Ziran kexue ban=Acla sci. nature. Univ. Pekinensis Natur. Sci. 2006. Vol. 42. No 3. P. 343–350.

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВОДООХРАННО-ВОДОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ  
РОЛИ ЛЕСА В БАСЕЙНАХ РЕК НИЖНЕГО АМУРА**

*Соколова Г.В., Широкова М.Р.*

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

**QUANTITATIVE EVALUATION OF WATER-PRESERVING AND WATER-REGULATING  
ROLE OF FORESTS IN THE LOWER AMUR RIVER BASINS**

*Sokolova G.V., Shirokova M.R.*

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

*The quantitative evaluation of water-preserving and water-regulating role of forests is provided for 6 hydrographic water basins of the Lower Amur (Kur – Novokurovka, Nemtu – Teplyi, Manoma – Manoma 1, Amgun – Guga, Nimelen – Timchenko, Upagda – Upagda).*

Многочисленными исследованиями и практикой доказано, что устойчивость природных комплексов в значительной мере зависит от степени насыщенности их лесными экосистемами. С увеличением лесистости возрастает устойчивость водного режима речных бассейнов и их экологическое равновесие. Лесные экосистемы, взаимодействуя с атмосферой, водой и почвой, оказывают на эти основные компоненты биосферы прямое и опосредованное влияние, поддерживая их качественные и количественные параметры на определенном оптимальном уровне. Причем существенно и то, что лесные экосистемы, продуцируя в техногенных и урбанизированных ландшафтах, сохраняют эти уникальные свойства только до определенного предела. Поэтому очень важно знать допустимый предел техногенных нагрузок, выше которого могут наступить необратимые процессы, обуславливающие деградацию основных компонентов биосферы. В разных регионах они, по-видимому, будут различными.

Существующие методики лесоустройства и природопользования не позволяют объективно оценить экологическое состояние территории и изменение лесопокрытой площади в результате лесопользования и других антропогенных влияний. Все они оценивают какие-то части территории, которые не позволяют замыкать никакие балансы. Такую комплексную оценку современного состояния и динамики лесопокрытой площади и средообразующей роли леса целесообразно проводить по водосборам водных объектов. Об этом неоднократно указывали лесогидрологи нашей страны. В отличие от других ландшафтных систем региональные комплексы, входящие в бассейн реки, составляют упорядоченную систему, особенности которой выражаются в направленности жидкого и твердого стока вниз по течению реки и вниз по склонам речных долин. Каждая из этих систем (речной бассейн) обладает интегральными характеристиками: водным, тепловым, энергетическим, растительным и другими балансами. В природе водосборы водных объектов имеют четко очерченные границы – водоразделы. Выработанные долины и русла позволяют достаточно надежно и полно «замыкать» почти все балансы на разных уровнях пространства – притоках разного порядка (от временных водотоков до крупных речных систем) за конкретные периоды времени. Кроме того, особенности речной сети позволяют планировать мероприятия рационального природопользования на разных уровнях – от притоков первого порядка (это в основном уровень выделов леса) до отдельных речных систем (это уровень либо кварталов, либо лесхозов, лесных районов или лесохозяйственных областей). Такое деление территории имеет преимущество еще и в том, что однажды установленные природные границы единиц учета лесорастительных условий по водоразделам водных объектов будут работать постоянно, ибо достаточно легко определяются на топографических картах и на местности. А оборудованные пункты наблюдений за составляющими балансов на притоках разного порядка с постоянно действующей системой регистрации показателей всех балансов позволяют количественно оценивать состояние средообразующих функций биогеоценозов и экологической обстановки территории в целом за конкретные периоды ее хозяйственного использования. В бассейне Нижнего Амура с очень неравномерным внутригодовым распределением стока основными средообразующими функциями леса будут водорегулирующие и водоохранно-защитные. Причем каждая из этих функций отображается в конкретных, генетически однородных слоях стока.

Впервые сделана попытка количественно оценить динамику и современное состояние водорегулирующей и водоохранной роли леса по многолетним материалам наблюдений за характеристиками гидрологического режима рек Нижнего Амура. Как известно, все характеристики гидрологического режима в значительной степени зависят от качественных и количественных показателей лесопокрытой площади водосборов. Следовательно, в динамике генетически однородных характеристик гидротермического ре-

жима речных бассейнов отображаются количественные и качественные изменения лесопокрытой площади (фитоценологического баланса) водосборов водорегулирующей и водоохраной роли леса. В свою очередь, каждая генетически однородная характеристика гидрологического режима, в значительной степени зависит от прямого или опосредованного влияния леса, его породного состава, полноты, возраста и других таксационных особенностей древостоев, произрастающих на водосборах и обуславливаются определенными функциями леса.

В основе оценки динамики и современного экологического состояния речных бассейнов приняты генетически однородные характеристики гидрологического режима: весенний и меженный слой стока, коэффициент неравномерности стока (т.е. отношение наибольшего стока к наименьшему), коэффициент подземного питания рек и наибольшая за год температура воды. Для расчета количественных характеристик водорегулирующей и водоохраной роли леса используются материалы многолетних наблюдений на сети Госкомгидромета, опубликованные в серии справочников «Ресурсы поверхностных вод СССР» и «Гидрологических Ежегодниках». Для исключения влияния размеров площади водосборов средние месячные расходы воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) пересчитывались в слой стока (мм). Учитывая, что часть осадков, выпавших в конце предшествующего календарного года, формируют сток за весенний период следующего года, слой стока рассчитывается за гидрологические годы. Для определения тенденции изменения всех четырех показателей гидрологического режима вычисляются их средние значения по скользящим пятилеткам. Осреднение можно проводить по трехлеткам (при коротких рядах наблюдений) и по десятилетиям (при продолжительных). По полученным данным строятся хронологические графики каждой характеристики. Направление прямой, соединяющей начало и конец хронологических графиков, позволяет определить тенденции изменения этих характеристик.

Полученные результаты исследований на шести водосборах Нижнего Амура (Кур – с. Новокуровка, Нептун – пос. Теплый, Маном – с. Маном 1-я, Амгунь – с. Гуга, Нимелен – с. Тимченко, Упагда – с. Упагда) позволяют сделать вывод об ухудшении водоохранно-водорегулирующей (экологической) роли леса в четырех из шести. Незначительные изменения характеристик гидрологического режима в двух оставшихся бассейнах обусловлены регулирующей ролью болот: заболоченность их составляет 20 и 45 % от общей площади водосбора. Анализ 30-летних данных гидрологического режима позволяет сделать вывод, что при сокращении лесистости водосбора на 5 % лимитирующий подземный сток сокращается на 1 %. Принимая во внимание, что в отдельные годы даже на реках с площадью водосбора 41000  $\text{км}^2$  (р. Амгунь – с. Гуга) он не превышает 2 % от годового, дальнейшее его уменьшение грозит острым дефицитом воды не только для водоемких производств, рыбного хозяйства, гидростроительства, но всей жизни региона.

## **СВЯЗЬ СРЕДНИХ ТЕМПЕРАТУР И ОСАДКОВ МЕСЯЦЕВ ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА С АНАЛОГИЧНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ТЕПЛОГО ПЕРИОДА НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ**

*Телицын Г.П.*

Большехехцирский природный заповедник, Хабаровск, Россия

## **INTERRELATION BETWEEN MONTHLY PRECIPITATIONS AND TEMPERATURES OF THE COLD PERIOD AND THOSE OF THE SUCCEEDING WARM PERIOD IN THE JEWISH AUTONOMOUS REGION**

*Telitsyn G.P.*

Bolshehekhtsyrsky State Nature Reserve, Khabarovsk, Russia

*The analysis of interrelation between monthly precipitations and temperatures in cold periods with those in the succeeding warm periods reveals the interrelation only between a few combinations of winter and summer months. This relationship can be used as a supplementary tool for a long-term forecast of average monthly temperatures and precipitations.*

Предшествующие исследования [1], проведенные на территории юга Хабаровского края за период 1974–2009 гг., показали, что сумма осадков теплого периода пропорциональна сумме осадков предшествующего холодного периода. При этом сумма осадков последующего холодного периода никаким образом не зависит от суммы осадков истекшего теплого периода. Также было выявлена тенденция снижения нормы осадков при глобальном потеплении климата [2–3]. На этой основе предположили, что суммы осадков и средние температуры отдельных месяцев холодного периода, могут иметь связи с суммами осадков и средними температурами некоторых месяцев последующего теплого периода.

Для проверки этого предположения были сопоставлены среднемесячные температуры воздуха и суммы осадков между различными месяцами года за период 1996–2009 гг. с использованием справочных метеоданных и компьютерной программы Excel. Теснота связи оценивалась критерием показателя аппроксимации  $R^2$ . При показателе  $R^2 > 0,4$  связи считались достаточно тесными (при  $R^2 > 0,4$  расхождение

прогнозных данных с фактическими не превышает  $\pm 20\%$ , что для метеопрогнозов приемлемо), а остальные – отфильтровывались.

Достоверные связи средних температур месяцев холодного периода (ноябрь – март) с суммами осадков месяцев последующего теплого периода (апрель – октябрь) оказались немногочисленны: ноябрь – апрель, ноябрь – август, февраль – август, февраль – октябрь, март – теплый период. Достоверность их позволяет по температуре указанных месяцев холодного периода определять сумму осадков месяцев будущего теплого периода. Из этих связей следует, например, что чем теплее ноябрь, тем больше осадков выпадет в апреле и меньше в августе. Чем теплее февраль, тем меньше осадков будет в августе и тем больше – в октябре. Октябрь определяет сумму осадков всего теплого периода: чем он теплее, тем больше осадков выпадет в течение последующего теплого периода. Также проявилась связь средней температуры октября со средней температурой мая будущего года: чем теплее октябрь, тем теплее будет май.

Были исследованы связи сумм осадков месяцев холодного периода с суммами осадков месяцев теплого периода. В итоге была выявлена единственная связь – между суммой осадков холодного периода и суммой осадков мая: чем более снежным был холодный период, тем больше осадков выпадет в мае. Для декабря и января не выявлено никаких связей ни с одним из месяцев теплого периода. Кроме того, нет никаких связей между месяцами теплого периода с месяцами последующего холодного периода. Таким образом, режим погоды будущего теплого периода начинает перестраиваться уже в октябре предыдущего года, как это отмечено в [4], и эта перестройка, минуя декабрь и январь, окончательно завершается в феврале и марте.

Поскольку наиболее морозные зимние месяцы не связаны своей погодой с последующими более теплыми месяцами, то можно предположить, что выявленная система связей предназначена для информирования биоты о погоде в предстоящем вегетационном периоде. Данное предположение не противоречит учению Вернадского о «ноосфере» – этой информационной оболочке Земли, управляющей биологическими процессами. Возможно также, что выявленные связи есть элемент вероятно существующей системы самоорганизации живой природы.

Аналогичные анализы были проведены для предыдущих четырех солнечных циклов (1954–1997 гг.) и показали парные связи для тех же сочетаний месяцев. Однако числовые соотношения параметров этих связей были иными, что, по-видимому, можно объяснить ежегодным возрастанием температуры воздуха и снижением ежегодной нормы осадков в условиях глобального потепления [2–3]. Кроме того, такие анализы для других районов Хабаровского края дали иные числовые соотношения в тех же парах месяцев, что можно объяснить различиями в климатических условиях этих районов. Это означает, что для практического применения связей зимних и летних месяцев по температурам и осадкам, например, в целях составления долгосрочных прогнозов, такие анализы следует провести отдельно для каждого конкретного района.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Телицын Г. П. О сезонном распределении атмосферных осадков на территории юга Хабаровского края // Метеорология и гидрология. 2009. № 12. С. 86–89.
2. Зинцова Н.Э. Тенденция изменений температуры воздуха на территории сопредельной с Большехехцирским заповедником // Сб. трудов регион. науч.-практ. конф. «Амур заповедный». Комсомольск-на-Амуре, 7–9 октября 2008 г. / под ред. Г.П.Телицына. Хабаровск, 2009. С. 134–138.
3. Телицын Г. П., Зинцова Н.Э. Температура и осадки в холодный период года – информация для живой природы о предстоящем теплом сезоне // Заповедное дело (в печати).
4. Телицын Г.П. Научные предпосылки для долгосрочного прогнозирования вспышек лесных пожаров (на примере юга Хабаровского края) // Лесное хозяйство. 2010. № 4. С. 45–46.

### **КАК ВЛИЯЕТ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ДАННЫХ О СТОКЕ НА ВНУТРЕННЮЮ СВЯЗНОСТЬ ЕГО ДИНАМИКИ? (НА ПРИМЕРЕ РЕК БАССЕЙНА АМУРА)**

*Шамов В.В.*

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

### **THE WAY SPATIAL-TEMPORAL RESOLUTION OF RUNOFF DATA DEPENDS ON THE LONG-MEMORY EFFECT IN TIME SERIES (BY THE EXAMPLE OF THE AMUR BASIN)**

*Shamov V.V.*

Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, Russia

*Certain possibilities of «long-term memory» stochastic models application for flood analysis of the Amur basin's rivers are considered. The study is focused on the Hurst's effect. The reasons for hydrological «memory» appear to be a result of physical processes managing hydrological events and they depend on the catchment size (whether the catchment is classified as small, medium or large) and data time resolution.*



Известно, что характер колебаний водности рек отличен от случайного гауссовского: гидрограф можно представить как случайный процесс со сложной памятью и сложным характером распределения [Найденов, 2004; Долгонос, Корчагин, 2007; Scafetta, 2004]. Продолжительность фаз стока на реках определяет внутреннюю связность, самоподобие рядов суточных расходов воды. Показатель масштабирования самоподобия ряда переменных называют показателем (экспонентой) Хёрста. Для случайного гауссовского процесса, обозначаемого обычно как «белый шум», данный показатель равен 0,5, тогда как для широкой совокупности природных процессов он превышает 0,5 [Найденов, 2004]. Последнее обстоятельство означает, что абсолютная величина накапливаемого отклонения от математического ожидания растет существенно быстрее, чем при обработке ряда независимых переменных. Иными словами, в природе экстремальные события более обычны, чем это ожидается от перебора чисто случайных величин [Skiena, 2007].

Нами на примере некоторых рек системы Амура дается оценка влияния пространственно-временного разрешения колебаний стока на экспоненту Хёрста и физическая интерпретация связанного с этим влиянием усиления/ослабления «памяти» речного бассейна. Для этого был применен программный комплекс AutoSignal v1.6, который обеспечивает фильтрацию, обработку и анализ сложных сигналов (рядов наблюдений) с помощью интерактивных графических инструментов и детальных отчетов.

При обработке многолетнего ряда годового стока Амура у г. Хабаровска (объем выборки  $n = 98$ ) показатель Хёрста (угол наклона аппроксимирующей прямой) оказался равным 0,81, что указывает на весьма высокую степень внутренней связности ряда. Отскоки эмпирических значений отношения  $R/S$  (скользящей амплитуды  $R$  к стандартному отклонению ряда  $S$ ) от аппроксимирующей прямой на графике в точках выборок длиной  $n = 21$  и  $n = 40$  лет указывают на границы циклов, когда происходит стирание «памяти» системы при смене доминирующих процессов [Skiena, 2007]. Для такой сложной динамической системы, как бассейн Амура, известен затяжной спад паводка, который проявляется в виде длинного шлейфа, нередко «стирающего» фазу летней межени, когда отдельные паводки налагаются друг на друга. Данное явление может быть проявлением сильной «гидрологической памяти» большой реки.

Ряды суточных расходов воды за период открытого русла в годы с катастрофическими паводками (например, р. Кия у с. Марусино, площадь водосбора  $505 \text{ км}^2$ ; 1981 г.) обладают весьма высокой связностью (показатель Хёрста равен 0,93), что определяется весьма сильным размахом колебаний водности относительно статистически ожидаемого. При этом отклонения текущих значений  $R/S$  от аппроксимирующей кривой также отражают смены фазы водного режима (пик водности в 105-й день наблюдений). Поведение автокорреляционной функции при этом также отражает смену фазы режима.

Сравнение колебаний годового стока ( $n = 50$ ) и месячного стока ( $n = 600$ ) р. Сунгари у г. Харбин (КНР) за период наблюдений 1899–1948 гг. при сходном характере общей динамики дает различные показатели Хёрста: 0,94 и 0,84 соответственно. Следует полагать, что среднегодовая водность Сунгари, определяемая характером атмосферной циркуляции над бассейном, теснее связана в многолетнем разрезе по сравнению с месячным стоком, испытывающим сильную высокочастотную модуляцию сезонными климатическими колебаниями – радиационными и циркуляционными. Для межени в стоке малых рек характерен дополнительный шум – суточные колебания стока, обусловленные циклическим режимом испарения.

Таким образом, эффект Хёрста изменяется в зависимости от разрешения записи стока. Коль скоро надежно выделяются малые, средние и большие речные бассейны, принципиально отличающиеся своими функциями, структурой и динамикой [Карасев и др., 2000; Шапов, 2006], то, очевидно, можно подобрать такое временное разрешение гидрографа, при котором связность процессов в бассейне соответственно ослабляется или усиливается. Более актуальной представляется обратная задача выбора регулирующей емкости гидротехнических сооружений для требуемого понижения связности (регулирования) стока. Можно также полагать существование такого временного разрешения процесса, при котором бассейн ведет себя как достаточно простая система, динамика которой являет собой случайный/несвязный процесс – белый шум ( $H \approx 0,5$ ).

Для бассейнов выделенных трех размерных групп регулирующие сток механизмы принципиально различаются. В малых речных бассейнах горных стран (образующих преимущественно зону формирования водных ресурсов [Карасев и др., 2000]) в случае обильных дождей наблюдается лавинообразный рост низкпорядковой дренажной сети. Это означает резкое сокращение времени бассейнового добега, резкий рост объемов русловых влагозапасов, а также обвальное сокращение поступления объемов воды в дренажную сеть [Гарцман, 2001]. В структуре малого речного бассейна, который в условиях насыщения, близкого к максимальному, ключевым элементом является зона аэрации (переменного насыщения) [Гарцман, Шапов 1991]. Лишь в малых (а не во всех [Найденов, 2004]) бассейнах влагопроводность зоны аэрации выступает основным параметром, нелинейно регулирующим стекание воды в русловую сеть.

Наводнение – выход реки на пойму – образуется как результат относительного снижения пропускной способности русла. Особенно отчетливо этот связный процесс характерен для ландшафтно-

гидрологических зон транзита и концентрации водных ресурсов. Зона транзита характеризуется существенным уменьшением опережающей / дренажной речной сети по отношению к таковой в зоне формирования водных ресурсов.

Для зоны концентрации водных ресурсов, охватывающей долины крупных рек, характерно принципиальное наличие стоковой / аккумулирующей емкости, которая существенно больше по отношению к таковой в двух предыдущих зонах. Обычно эта емкость существует в виде обширной пойменной и припойменной озерно-болотной сети, развивающейся на слабопроницаемых суглинистых отложениях, а также в виде пойменных массивов, сложенных водопроницаемыми аллювиальными отложениями. Именно совокупность аккумулятивных (консервативных) емкостей выступает в качестве носителя «памяти» стока, порождая длинные шлейфы паводков и затяжные межени.

## SENSITIVITY ANALYSIS OF IMPACTS OF CLIMATE VARIABILITY AND CHANGE ON WATER RESOURCES AT THE REGIONAL SCALE

*de Freitas, C.R.<sup>1</sup>, Helbig, M.<sup>2</sup>, Matzarakis, A.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>School of Environment, University of Auckland, New Zealand

<sup>2</sup>Institute of Geography, University of Göttingen, Germany

<sup>3</sup>Meteorological Institute, Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany

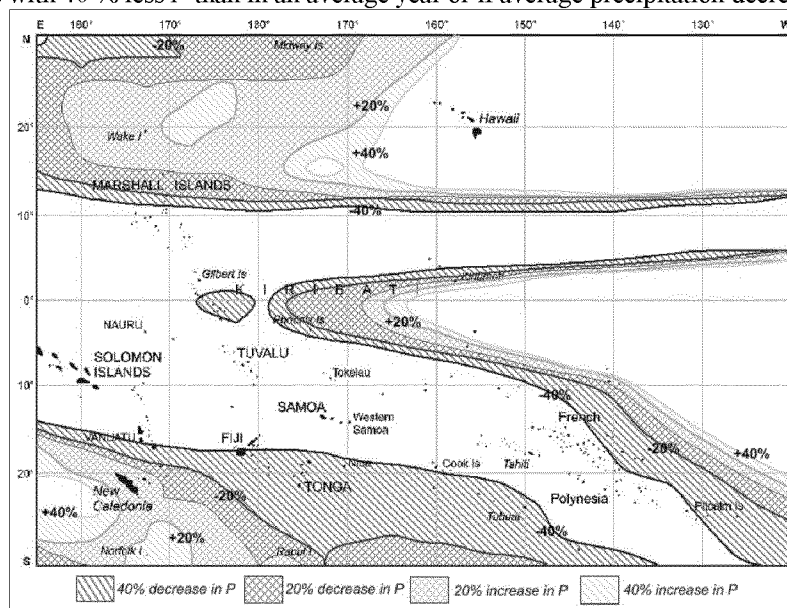
Sensitivity approaches address the problem of uncertain projections of future climates and climate variability and provide useful results for decision-makers. In light of this, a scheme is developed to quantify sensitivity of freshwater resources of atolls in the tropical Pacific to climate variability and change on a regional scale [1]. Results refer to soil moisture availability relevant to rain-fed agriculture and to groundwater recharge rates applicable to freshwater storage amounts and extraction rates. Atolls have little or no influence upon cloud and precipitation patterns due to their low elevation, thus, synoptic climatic conditions of an atoll are almost identical with that over the surrounding ocean. Because of this, datasets based on areal projections of satellite and surface observations and extended over large areas for latitude-longitude grid squares may be used. The ERA-40 re-analysis data that provides a consistent set of climate variables for the time period 1962 to 2000 is used here.

The water balance for an atoll is given as

$$S_D = P - E_A + \Delta S_M \quad (1)$$

where  $S_D$  is water surplus or deficit,  $P$  is precipitation,  $E_A$  is actual evapotranspiration and  $\Delta S_M$  is change in soil moisture storage.  $P$  is given by the ERA-40 data sets. If  $E_P$  is available water balance models based on the Thornthwaite bookkeeping method (1955) can be used to estimate  $E_A$ . Priestley & Taylor [3] estimate  $E_P$  using net allwave radiation ( $Q^*$ ) and the slope of the saturation vapor pressure curve ( $A$ ) as determining factors. Data on solar radiation downwards and net longwave radiation together with estimated albedo values ( $r$ ) for atoll surfaces allow an estimate of  $Q^*$ . McAnaney & Itier [2] confirmed the suitability of this approach to estimate  $E_P$  in the humid tropics. To run the simple regional water balance model assumptions have to be made on the available water capacity ( $AWC$ ) of the predominant soil. Based on values given in literature,  $r$  is taken as 0.25 and  $AWC$  to be 80 mm. Using the above approach, one can estimate the mean monthly freshwater conditions under average climatic conditions for atolls. Freshwater resources can be assessed from two different points of view that require different approaches. To assess groundwater resources from a climatological viewpoint one has to examine recharge ( $S$ ) rates and amounts. If impacts on agriculture are to be assessed soil moisture deficit ( $D$ ) represents the crucial variable. Soil moisture availability is a key factor for agricultural planning.  $D$  can serve as an indicator of plant water stress and agricultural drought. The sensitivity of these to climate variability or change may be used as a measure of the threat to the availability of freshwater resources. The critical level for  $S$  varies depending on the state of development of the water management systems, population size and water using activities, which in the present circumstances is set at 100 mm. In the case of  $D$ , the critical level is assumed to be three months per year of severe deficit, which is defined in the current research as  $D$  being larger than 50 % of the monthly  $P$ . This is to take into account that the negative impact on plant growth depends on the magnitude of  $D$  and varies between different plant types. The impact of changed climatic conditions is assessed by running the water balance model under different climatic conditions. The results are mapped as shifts of isopleths on maps accounting for different freshwater resource questions. The results focus on change and variability in  $P$  and  $Q^*$  and are divided into two sections: a) soil moisture conditions relevant for rain-fed agriculture purposes; and b) groundwater resource conditions relevant for all water extraction activities to supplement rainwater use. Some regions are not threatened by possible changed conditions, either because they exhibit a large excess of  $P$  or because the climatic conditions are too dry to benefit from variability or climatic change. Regions of interest therefore are located between very wet and very dry regions. The high sensitive areas to changing  $P$  conditions regarding the soil moisture conditions are shown in Fig. The results show that the islands of New Caledonia are highly sensitive to an increase in  $P$  of 20 % and the Phoenix Islands to a decrease in  $P$  of 20 %. Other locations, such as parts

of Vanuatu and Fiji, Tonga, Niue, the Cook Islands and Kiribati, would experience deteriorated soil moisture conditions in years with 40 % less  $P$  than in an average year or if average precipitation decreased by 40 %.



**Fig. Study region showing areas of high sensitivity to change in precipitation. Shaded zones indicate the shift of the isoline of three severe deficit months assuming**

The sensitivity approach used here represents a powerful tool to gain essential information on the influence of climate on freshwater resources of atolls, even for regions with no data from climate stations. The results can be applied to any atoll by adjusting model parameters to match local surface characteristics such as soil type and depth. The quality of results is not only a function of the data quality, but also of the appropriateness of the parameter setting. GPCP and ERBE data could be integrated in regional scale freshwater resource assessments based on the approach of this study.

REFERENCES:

1. de Freitas C.R. Adaptation and Water Resources // *Biometeorology for Adapting to Climate Variability and Change* / Ebi K.L., Burton I., Mc Gregor G.R. (eds.). Netherlands: Springer, 2009. P. 195–210.
2. McAneney K.J. and Itier B. Operational limits to the Priestley-Taylor formula // *Irrigation Sci.* 1996. V. 17. P. 37–43.
3. Priestley C.B. and Taylor R.J. On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large Scale Parameters // *Mon. Weather Rev.* 1972. V. 100. P. 81–92.

**INFLUENCE OF THE SOUTHERN OSCILLATION ON GLOBAL TEMPERATURE**

*de Freitas, C.R.<sup>1\*</sup>, McLean, J.D.<sup>2</sup>, Carter, R.M.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> School of Environment, University of Auckland, New Zealand.

\* Corresponding author: c.defreitas@auckland.ac.nz

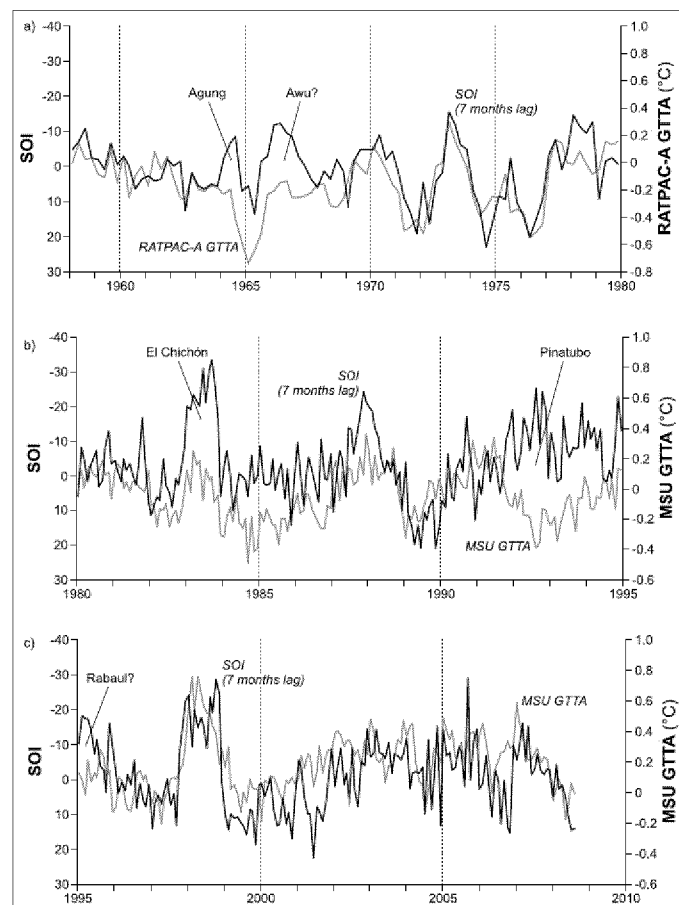
<sup>2</sup> Applied Science Consultants, P.O. Box 314, Croydon, 3136, Australia

<sup>3</sup> Marine Geophysical Laboratory, James Cook University, Queensland, Australia

Time series for the Southern Oscillation Index (SOI) and global tropospheric temperature anomalies (GTTA) are compared for the 1958 to 2008 period. GTTA are represented by data from satellite microwave sensing units (MSU) for the period 1980–2008 and from radiosondes (RATPAC) for 1958–2008. After the removal from the dataset of short periods of temperature perturbation that relate to near-equator volcanic eruption, we use derivatives to document the presence of a 5–7 month delayed close relationship between SOI and GTTA. Change in SOI appear to account for most of the of the variance in GTTA for the 79-year record. Because ENSO is known to exercise a particularly strong influence in the tropics, we also compared the SOI with tropical temperature anomalies between 20°S and 20°N. The results showed (Fig.) that the Southern Oscillation exercises a consistently dominant influence on mean global temperature, with a maximum effect in the tropics, except for periods when equatorial volcanism causes ad hoc cooling. That mean global tropospheric temperature has for the last 50 years fallen and risen in close accord with the SOI of 5–7 months earlier shows the potential of natural forcing mechanisms to account for most of the temperature variation. It is worth emphasizing that Fig. presents the data in its original form; namely, data that is not detrended, but with a time shift in SOI that has been determined from the detrended data.

The overall conclusion implies that a high frequency of occurrence of El Niño conditions will cause a relatively sustained period of elevated temperatures, such as might popularly be termed ‘global warming’, whereas a high frequency of occurrence of La Niña conditions might be termed ‘global cooling’. Physical processes that may account for the relationship between ENSO and lower tropospheric temperature are as follows. Changes in Hadley and Walker circulation affect heat flow from ocean to atmosphere in a large zone over the Earth’s surface subjected to year-round strong solar forcing. During La Niña conditions, the zonal circulation of the Walker Circulation is enhanced with well-defined and vigorous rising and sinking branches, whereas the meridional circulation of the Hadley cell in both hemispheres weakens. In contrast, during El Niño conditions there is an increase in Hadley circulation and subtropical highs intensify, although the relationship between the enhanced regional Hadley cell and warm-phase ENSO cycle circulation anomalies is not always straightforward. A more vigorous overturning of the Hadley circulation leads to an increase in heat transfer from tropical to higher latitudes in both hemispheres and plays a key role in the general circulation of the atmosphere. As meridional circulation increases during El Niño conditions numerous teleconnections occur. A final but important consideration is that the suggested mechanism involves more than simply moving heat around within the global Earth-atmospheric system. Changes in ENSO affect convection, and thus atmospheric moisture content and cloud cover, which may in turn affect net solar heating as well as the transfer of heat from Earth to space.

These teleconnections, shifts in circulation and changes in convection, with their consequent widespread influences on temperatures, can explain the correlation between the ENSO signal and MSU LTT as well as explain why other mechanisms, such as those related to human-caused greenhouse gas emissions, have only a minor influence compared to the variation in ENSO. This last point is evident from our Figs 1(b) and (c) because if the sustained increases in the concentration of atmospheric carbon dioxide have a significant influence on temperature we would expect to see the temperature graph line consistently rising relative to the SOI graph line. The absence of this divergence implies that increases in atmospheric carbon dioxide since the mid-twentieth century have had a negligible impact on global temperature.



**Fig. Seven-month shifted SOI with seasonal RATPAC-A GTTA data 1958–1979 (a) and with monthly UAH MSU GTTA data for 1980–1994 (b) and 1995–2008 (c) (McLean et al. 2009). Question marks alongside volcanic eruptions indicate uncertainty of their impact**

---

---

REFERENCE:

1. McLean J.D., de Freitas C.R. and Carter R.M. Influence of the Southern Oscillation on tropospheric temperature // Journal of Geophysical Research. 2009. V. 114. D14104, doi:10.1029/2008JD011637.

**APPLICATION OF THE ACCLIMATIZATION THERMAL STRAIN INDEX AS INDICATOR OF THERMAL LOADING**

*C.R. de Freitas<sup>1</sup> and E.A. Grigorieva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>School of Environment, University of Auckland, New Zealand

<sup>2</sup>Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS, Birobidzhan, Russia

Thermal acclimatization is the gradual physiological adaptation of the human body as it gets used to new but long-lasting climatic conditions or circumstances. It is the ability of the body to undergo physiological adaptations so that the stress of a new climatic environment is less severe. Meteorotropic reactions of a healthy human body due to a lack of acclimatization to heat or cold are a function largely of the intensity of the effects of the climatic environment. When climatic differences are large there is a period of short-term acclimatization adjustment during which the body might experience additional thermally induced physiological strain. The impact centers on the respiratory organs, because respiration is the body-environment heat exchange process in which the body is in closest contact with the ambient air and the impact on the body can be large [1, 5–7]. The first signs of the physiological strain associated with this additional thermal loading show up in the respiratory organs. For this reason, heat exchange with the body's core region through respiration is a good indicator of physiological heat strain during the acclimatization period, which usually lasts anywhere between about two weeks to a month, depending on circumstances. A discussion of how and why the body experiences strain on moving to and from hot and cold climatic conditions is presented by de Freitas and Grigorieva [4].

The respiratory heat exchange between the lungs and the outside air ( $Q_r$ ) takes place by forced convection and involves both a dry heat flux and evaporative (latent) heat flux [2, 5, 7]. The Acclimatization Thermal Strain Index (ATSI) describes the additional thermal loading on respiratory organs until full acclimatization is achieved. ATSI is defined as the ratio of the difference between heat losses that would occur at the traveler's home location to losses of heat at the holiday or trip destination upon first arriving there, expressed as a percentage:

$$ATSI = 100 (Q_{rh} - Q_r') / Q_{rh} \quad (1)$$

where  $Q_{rh}$  (W) is heat loss from respiratory organs at the home location and  $Q_r'$  (W) is heat loss at the trip destination. An ATSI value of zero marks the transition of acclimatization thermal loading for individuals unacclimatized to either heat or cold [3, 7].

The most favorable conditions at the trip destination are considered to exist when ATSI values are zero or very slightly positive or negative. ATSI values less than zero indicate acclimatization thermal loading due to lack of acclimatization to cold conditions, with increasing severity as the values become progressively more negative. For example, this would be the case if thermal conditions at the home location were warmer than the trip destination (that is,  $Q_{rh} < Q_r'$ ). Rising positive values of ATSI above zero indicate the onset of acclimatization thermal loading due to lack of acclimatization to hot conditions.

The research reported here is a case study for thermally contrasting climates of Khabarovsk, the administrative center of the Russian Far East, and the holiday destinations of Sanya (Yaxian) at the southern part of Hainan Island, China, and Dubai, United Arab Emirates. Khabarovsk has a classic mid-latitude continental climate of thermal extremes. Sanya has a humid tropical climate while Dubai has a dry tropical climate. Both places are popular with Russian vacationers during the Russian winter.

Mean daily climatic data for the period 2000–2010 are used to identify acclimatization thermal loading that would be experienced by individuals outdoors during the period November to March. Relative humidity for the study period ranged from 67 to 91 % at Sanya and from 50 to 65 % at Dubai, while air temperatures at both places were similar, ranging from 20 to 26°C. Winter conditions in Khabarovsk are those of severe cold, with the lowest monthly temperatures in January near -20°C and relative humidity around 70 %.

Calculations were based on those for a person standing relaxed with a metabolic rate of 135 W for a body area of 1.5 m<sup>2</sup> (90 W m<sup>-2</sup>) across the full range of mean daily conditions for the same period for the three locations. ATSI was calculated for trips from Khabarovsk to Sanya and back as well as for Khabarovsk to Dubai and back.

The results show that differences in relative humidity between Sanya and Dubai lead to quite different acclimatization thermal loadings. Highest positive ATSI values (about 53) for trips from Khabarovsk to Sanya occur in November and March. The potential exists for a significantly more severe acclimatization thermal loading on the return home to Khabarovsk, where ATSI ranges from -105 in January to -113 in November and March. Positive ATSI values for travel from Khabarovsk to Dubai are highest in December (50), which is less than the

results travel to Sanya at the same time. For travel Dubai to Khabarovsk ATSI is -104 in November and -81 in January.

In general, the results indicate that high relative humidity is a key factor in determining high ATSI levels. The most severe thermal loadings occur in November and March for travel from Sanya to Khabarovsk when humid warm conditions in Sanya contrasts with the extreme dry cold of Khabarovsk. For both destinations, ATSI were lowest for trips there and back in January. The work reported here builds on earlier research to refine the index and its meaning across the positive and negative ranges using more detailed meteorological data over shorter time periods. Knowledge of the risks involved could be useful in planning outdoor activity.

**Acknowledgement.** *The work was supported by FEB RAS: project No. 09-III-A-09-497, 09-III-A-09-498 and by Russian Foundation for Humanitarian Studies project No. 09-02-88202a/T.*

REFERENCES:

1. Caine J., Livingstone S.D., Noland R.W., Keefe A.A. Respiratory heat loss during work at various ambient temperatures // *Resp. Physiol.* 1990. V. 79. P. 145–150.
2. De Freitas C.R. Assessment of human bioclimate based on thermal response // *Int. J. Biometeorol.* 1985. V. 29. P. 97–119.
3. De Freitas C.R., Grigorieva E.A. The Acclimatization Thermal Strain Index (ATSI): a preliminary study of the methodology applied to climatic conditions of the Russian Far East // *Int. J. Biometeorol.* 2009. V. 53. P. 307–315.
4. De Freitas C.R., Grigorieva E.A. Prediction of acclimatization thermal loading for climatic extremes // *Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology / Matzarakis A., Mayer H. and Chmielewski F.-M. (Eds.). Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg.* 2010. No. 20. P. 364–369.
5. Hanson R.G. Respiratory heat loss at increased core temperature // *J. Appl. Physiol.* 1974. V. 37. P. 103–107.
6. Höppe P. Temperatures of expired air under varying climatic conditions // *Int J Biometeorol.* 1981. V. 25(2). P. 127–132.
7. Rusanov V.I. Appraisal of meteorological conditions defining human respiration // *Bull. Russian Acad. Med. Sci.* 1989. V. 1. P. 57–60.