

## **Изменения климата островных заповедников Дальнего Востока и ответная реакция экосистем за последнее столетие**

А. Н. Иванов, А. И. Моисеев\*

*Московский Государственный университет им. М. В. Ломоносова,*

*г. Москва, 119991, Российская Федерация*

*e-mail: a.n.ivanov@mail.ru*

### **Аннотация**

На примере Командорского, Курильского и Поронайского заповедников исследованы тенденции изменения климата на островах дальневосточных морей. Установлено, что в последние десятилетия на всех островах происходит потепление климата, усилившееся в XXI веке. Климатические изменения имеют региональную специфику, проявляющуюся в разной интенсивности потепления на разных островах по годам и по сезонам. В Поронайском и Курильском заповедниках сильнее всего теплеет зимой, на Командорах потепление наиболее выражено летом. В противоположность температуре в годовом и сезонном распределении осадков чётких закономерностей не выявлено, изменения разнонаправленны. Реакция экосистем на изменение климата по материалам Летописей природы неоднозначна. В Командорском заповеднике выявлено смещение ряда фенологических дат, которые можно интерпретировать как реакцию на потепление, в двух других заповедниках чёткие однонаправленные изменения не обнаружены.

*Ключевые слова:* островные заповедники, изменения климата, тенденции.

*Введение.* Проблеме глобальных и региональных изменений климата и ответной реакции экосистем в последние годы посвящено большое количество научных работ [1; 2 и др.]. Интерес к проблеме вызван наблюдающимся с конца XX в. потеплением климата, наиболее выраженным в арктических и умеренных широтах [3]. Для материковых ландшафтов северного полушария достоверно установлен тренд повышения среднегодовой температуры, происходящий в основном за счёт зимнего сезона, а также другие климатические изменения [4; 5]. Вместе с тем относительно недавно выяснилось, что во второй половине XX в. наблюдался значительный рост приземной температуры воздуха над сушей, но при этом почти полное отсутствие подобного роста над океанами. Таким образом, проявляется разнонаправленность тенденций формирования аномалий температуры на континентах и океанах [6]. Установлено также, что изменения температуры воды в Мировом океане не однонаправленны, а значения отклонений существенно меньше, чем для температуры воздуха над материковой сушей [7].

Как меняется климат на островах, меняется ли он вообще, соответствуют ли изменения тенденциям над материковой сушей или океаном — ответы на эти вопросы по большей части отсутствуют. Острова в географии традиционно рассматриваются как часть Мирового океана, в частности, потому, что их климат

---

\* Авторы: Иванов Андрей Николаевич, канд. географ. наук, доцент, географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, a.n.ivanov@mail.ru. Моисеев Александр Игоревич, студент, географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

формируется под влиянием преимущественно океанических воздушных масс и течений [8]. Вместе с тем острова — это все-таки участки суши с особыми физическими свойствами подстилающей поверхности. При достижении определённой площади крупные острова существенно трансформируют океанические воздушные массы, вызывая климатические эффекты, наблюдающиеся над материками, поэтому выявление особенностей изменений климата над островами представляет особый научный интерес.

Для решения другой задачи — выявления ответной реакции экосистем на изменения климата — чаще всего используется сравнительный анализ разновременных космических снимков или многолетние ряды наблюдений на стационарах и ключевых площадках. Наиболее отчётливо реакция экосистем на потепление проявляется в тундре и лесотундре. Установлено, что роль кустарников в растительном покрове тундры на севере Аляски в последние десятилетия возросла на 140 из 200 пробных площадок [9]. На всей территории Аляски граница ареала ели постепенно смещается к северу, за последние 50 лет леса продвинулись в среднем на 10 км. В российском секторе отмечается "олугование" тундры, а также экспансия кустарников из защищённых мест (понижений). Для Арктики в целом отмечено повышение продуктивности экосистем, что влечёт за собой изменения ареалов животных [3]. Показано, что влияние глобального потепления климата проявляется также на физических свойствах почв [10]. Для Дальневосточного региона установлен рост числа экстремальных гидрологических событий, связанных как с наблюдающимися изменениями климата, так и с нелинейным характером реакции речных бассейнов на эти изменения [11]. Анализ Летописей природы 13 заповедников в Европейской части России выявил тенденцию более раннего вскрытия рек, уменьшение периода с устойчивым снежным покровом и удлинение безморозного периода, более ранний прилёт большинства видов воробьиных птиц и т. п. [12].

Изменениям климата на островах дальневосточных морей России и ответной реакции островных экосистем посвящены лишь единичные исследования [13]. Цель настоящей статьи — проверка гипотезы о возможном влиянии глобального потепления на островные экосистемы Северо-Западной Пацифики. Решаемые задачи — выявление особенностей климатических изменений на трёх ключевых островах; установление островной и региональной специфики изменений климата; анализ многолетних рядов Летописей природы для выявления возможного отклика экосистем.

*Материалы и методы.* Для решения поставленных задач были выбраны три островных заповедника — Командорский, Курильский и Поронайский (рис. 1), для которых имеются достаточно длинные метеорологические ряды близлежащих метеостанций, охватывающие базовый период (1961–1990 гг.) и последующий период (1991–2015 гг.), в котором наблюдается глобальное потепление климата, а также данные Летописей природы (Табл. 1). Метеоданные

(температура воздуха и осадки) взяты из системы Мировых центров данных ВНИИГМИ-МЦД (<http://meteo.ru/>). Отметим, что в работе использованы данные по осадкам с устранёнными методическими погрешностями, наблюдавшимися до середины 1950-х годов. Летописи природы были получены из архива Министерства природных ресурсов (до 2003 года) и из архива ВНИИ «Экология» (с 2003 г.).

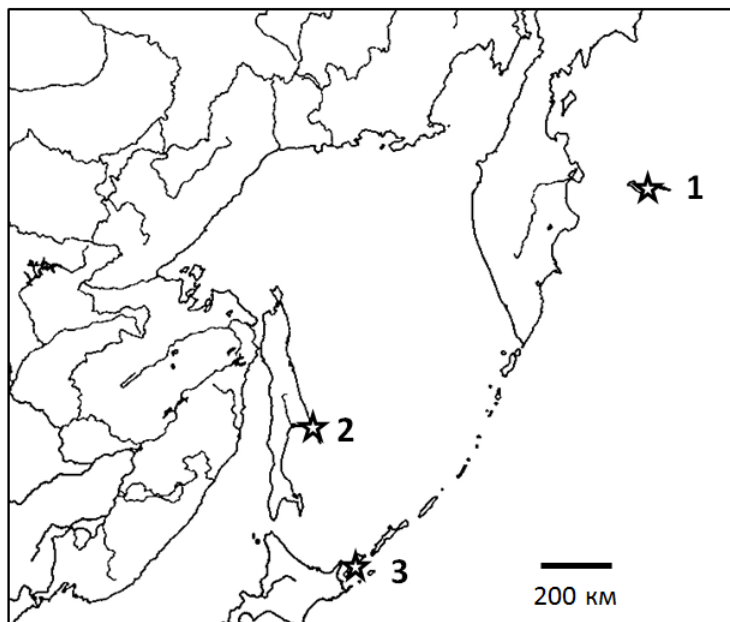


Рис. 1. Расположение заповедников: 1 – Командорский, 2 – Поронайский, 3 – Курильский.

Fig. 1. The location of the Nature Reserves: 1 – Komandorsky, 2 – Poronaysky, 3 – Kurilsky.

В Летописях природы анализировалась межгодовая изменчивость и направленные изменения, выбранные из Календарей природы, в которых ежегодно фиксируются сезонные гидрометеорологические, фенологические явления, а также сезонные явления для ключевых видов животных.

Метеорологические ряды изначально были оценены на близость к нормальному распределению для температур и гамма-распределению для осадков (по месяцам и по сезонам) [14]. Далее проведён дисперсионный анализ (Levene tests и Browne-Forsythe tests), оценивалась однородность распределений (t-критерий Стьюдента), а также проведён корреляционный анализ (коэффициент Пирсона) между тремя рассматриваемыми метеостанциями. Все статистические результаты, приведённые в работе, основаны на оценках с доверительной вероятностью более 95%. Оценка нормальности распределения показала, что ряды температур воздуха для всех трёх заповедников во все месяцы и сезоны близки к нормальному распределению. Ряды осадков оказались близки к гамма-распределению во всех заповедниках во все месяцы и сезоны (за исключением января в Курильском заповеднике). Для сглаживания межгодовых колебаний и

более наглядного отображения основных тенденций для температуры и осадков были рассчитаны 11-летние скользящие средние.

Таблица 1. Исходные данные для анализа  
Table 1. Initial data for analysis

Заповедники Тип данных	Курильский	Командорский	Поронайский
Температура	69 лет (1947–2015)	109 лет (1907–2015)	108 лет (1908–2015)
Осадки	64 года (1947–2010)	75 лет (1936–2010)	64 года (1947–2010)
Летописи природы (в которых имеется календарь природы)	23 года (1989–1994, 1996–1999, 2001–2003, 2005–2012, 2015)	13 лет (1994, 1995, 1997, 2000–2009)	12 лет (1991, 1994, 1996–2001, 2004, 2010, 2011, 2013)

*Результаты исследований.* **Командорский заповедник** расположен в западной части Алеутской островной дуги, отделяющей Берингово море от Тихого океана. Для ландшафтов заповедника характерны равнинные и горные тундры (последние преобладают), верхние части гор заняты гольцами [15]. Климат Командорских островов — морской умеренный, близкий к океаническому. Для анализа возможных изменений климата на Командорах использовались данные метеостанции Никольское, имеющей длительный ряд наблюдений с конца XIX в. Среднегодовая температура за весь период наблюдений (1889–2015 гг.) составила +2,3 С. За это время было отмечено два периода с положительными аномалиями, когда годовая температура превышала средние значения (1915–1943 гг. и 1955–1970 гг.). Однако с середины 1980-х гг. началось направленное повышение температуры, ещё более ускорившееся с 2003 г. (Рис. 2).

За период 2003–2015 гг. значение среднегодовой температуры составило +3,2 С, то есть она была выше среднемноголетних значений почти на градус; отметим, что при увеличении среднегодовой температуры на два градуса большая часть тундровой зоны потенциально становится пригодной для экспансии древесной растительности [9]. Повышение среднегодовой температуры подтверждается статистически, линейный тренд за период 1976–2015 гг. составляет +0,28 С/10 лет. Потепление на Командорах проявляется во все сезоны года, но в разной степени. Наиболее выражен рост температуры летом, несколько ниже он весной и осенью. В наименьшей степени потепление проявляется в зимнем сезоне (Табл. 2), что отличает Командорские острова от большинства материковых ландшафтов северного полушария, где повышение среднегодовой температуры происходит в основном за счёт зимы [4, 5]. В целом по сравнению с материковыми ландшафтами тенденция к потеплению и ход роста температуры схожи, однако на материке потепление происходит более интенсивно (годовой тренд 0,39 С/10 лет).

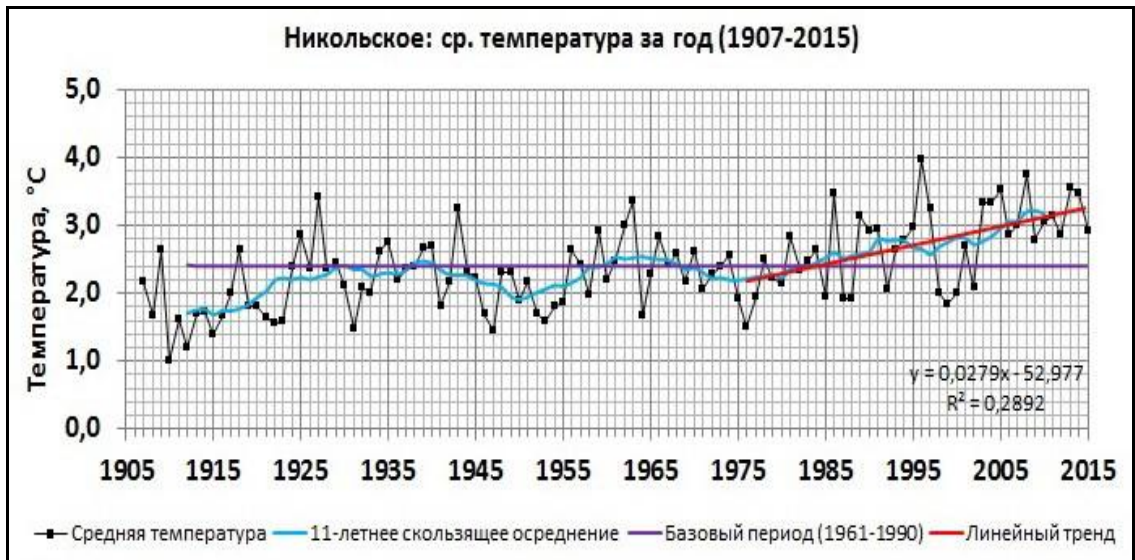


Рис. 2. Среднегодовая температура воздуха по данным метеостанции Никольское (1907–2015).

Fig. 2. Average annual air temperature according to the weather station Nikolskoe (1907–2015).

Таблица 2. Тренды температуры воздуха по трём заповедникам, °C/10 лет (за последние 40 лет)

Table 2. Trends of air temperature in three reserves, °C/10 years (over last 40 years)

Заповедники	Тренды температуры воздуха				
	Зима	Весна	Лето	Осень	Ср. год
Курильский	+0,48	+0,22	+0,34	+0,27	+0,32
Поронайский	+0,51	+0,05	+0,34	+0,29	+0,37
Командорский	+0,15	+0,29	+0,48	+0,35	+0,28

Среднее количество осадков на Командорах за 1936–2010 гг. составило 934 мм/год. При этом период 1961–1990 гг. был более влажным (1051 мм/год), за период 1996–2010 гг. выпадало существенно меньше осадков — 847 мм/год (Рис. 3). В целом за последние десятилетия чётко выражен тренд уменьшения осадков (Табл. 3).

Таблица 3. Тренды количества осадков, мм/10 лет (за последние 35 лет)

Table 3. Trends of rainfall in three reserves, mm/10 years (over last 35 years)

Заповедники	Тренды количества осадков, мм/10 лет				
	Зима	Весна	Лето	Осень	Ср. год
Курильский	1,4	–0,4	3,4	–2,5	1,9
Поронайский	4	0,5	2,2	–1,4	5,2
Командорский	–0,8	–2,2	–1,9	–0,5	–5,4

Количество осадков сокращается во все сезоны, максимальное сокращение приходится на весну и лето, осенью и зимой сокращение незначительное. Необходимо отметить, что снижение осадков в летнем сезоне очень заметное, в предыдущие годы подобного не наблюдалось.



Рис. 3. Среднегодовое количество осадков по данным метеостанции Никольское (1936–2010).

Fig. 3. Average annual precipitation according to the weather station Nikolskoe (1936–2010).

Таким образом, изменения климата на Командорских островах в последние десятилетия отчётливо выражены и проявляются в значительном потеплении во все сезоны года и незначительном уменьшении количества осадков. Из отдельных сезонов года наибольшие изменения происходят летом — летний сезон в XXI в. становится все более тёплым и сухим. В наименьшей степени климатические изменения проявляются зимой (повышение температуры минимально, направленное изменение осадков не обнаруживается). По сравнению с материковыми ландшафтами [16; 17] рост температуры более медленный (за исключением летнего сезона).

При анализе ответной реакции экосистем на климатические изменения все природные явления были разделены на три группы: а) физические явления, непосредственно связанные с климатом; б) явления, связанные с жизнью растений; в) явления, связанные с жизнедеятельностью животных.

В первом случае наиболее отчётливо выражено смещение начала первых заморозков на почве на более поздние сроки (примерно на 30 дней), что объясняется тем, что осенний сезон становится все более тёплым. Вместе с тем отмечается более позднее начало первых оттепелей (примерно на 20 дней). Для таких фенологических дат как начало постоянных оттепелей и начало отмирания высокотравья характерен ненаправленный разброс значений.

Из природных явлений, связанных с жизнедеятельностью растений, отмечается устойчивое более раннее начало цветения княженики (*Rubus arcticus*) (на 5 дней) и башмачка Ятабе (*Cypripedium yatabeanum*) (на 7 дней), а также более раннее созревание морошки (*Rubus chamaemorus*) (на 10 дней). Для таких фенологических дат как начало цветения первоцвета (*Primula cuneifolia*) и разгар

цветения рябины (*Sorbus sambucifolia*) характерен ненаправленный разброс значений, без выраженных тенденций.

Из природных явлений, связанных с жизнедеятельностью животных, отмечено более раннее начало хода кижуча (на 10 дней), также раньше происходит выход щенков песцов из нор (на 12 дней) и распад выводков у песцов (15 дней). Наряду с этим позже (примерно на 10 дней) начинается ход нерки. Для начала гона у оленей характерен ненаправленный разброс значений.

**Курильский заповедник** расположен в южной части Курильской островной дуги на о. Кунашир и мелких островах Малой Курильской гряды. Западное побережье о. Кунашир омывается Охотским морем, восточное — Тихим океаном, вследствие чего хорошо выражена асимметрия побережий. Преобладают ландшафты горного класса с темнохвойными и смешанными хвойно-широколиственными лесами с большим количеством теплолюбивых восточноазиатских элементов, часть площади занимают бамбучники. Климат в южной части Курильских островов — морской муссонный. Для анализа возможных изменений климата в Курильском заповеднике использовались данные метеостанции Южно-Курильск с периодом наблюдений 1947–2015 гг. Среднегодовая температура воздуха за весь период наблюдений составила +5,0 С. За базовый период температура оказалась несколько ниже и составила +4,7<sup>0</sup>С. Однако начиная с 1990-х годов наблюдается заметный рост температуры (Рис. 4), усилившийся в XXI в., за 2001–2015 гг. среднегодовая температура составила уже +5,5 С. Статистическая оценка однородности также подтверждает наличие годового тренда +0,26 С / 10 лет (Табл. 2).

Анализ сезонных изменений показывает, что потепление проявляется во все сезоны, однако наибольший рост температуры происходит зимой, несколько меньше он выражен летом и осенью, потепление температуры воздуха в весенний сезон выражено незначительно. Статистическая оценка однородности рядов подтверждает наличие трендов только для зимы и осени, при этом в летнем сезоне в последние годы все же намечается потепление направленного характера. По сравнению с материковыми ландшафтами [16] характерен более плавный ход потепления в годовом масштабе (в среднем 0,45 С / 10 лет на материке против 0,26 С / 10 лет в заповеднике), что объясняется большим воздействием океанических воздушных масс на острова. По сезонам года тренд по своей направленности схож с материком, но менее выражен.





Рис. 4. Среднегодовая температура воздуха по данным метеостанции Южно-Курильск (1947–2015).  
 Fig. 4. Average annual air temperature according to the weather station Yuzhno-Kurilsk (1947–2015).

Среднее количество выпавших осадков за весь период наблюдений (1947–2010 гг.) составило 1523 мм/год (Рис. 5). За период 1976–2010 гг. наблюдается незначительное, но статистически значимое увеличение количества осадков — 1,9 мм / 10 лет (Табл. 3). Изменения по сезонам имеют противоположный характер: в зимний и летний сезоны количество осадков растёт, в переходные сезоны снижается. Наличие трендов статистически подтверждается для зимы, осени и года в целом.



Рис. 5. Среднегодовое количество осадков по данным метеостанции Южно-Курильск (1947–2010).  
 Fig. 5. Average annual precipitation according to the weather station Yuzhno-Kurilsk (1947–2010).

Таким образом, изменения климата в Курильском заповеднике отчётливо выражены и проявляются в потеплении во все сезоны года. Среднегодовое



количество осадков незначительно возрастает, по сезонам изменения имеют разнонаправленный характер. Летний и зимний сезоны в XXI в. стали более тёплые и более влажные. Наблюдается увеличение продолжительности вегетационного периода на 2-2,5 недели.

Из природных явлений, имеющих прямую физическую зависимость от климата, анализировались четыре показателя: начало первых осенних заморозков, появление первого снега, сход снежного покрова и появление устойчивого снежного покрова. Для первых трёх переменных характерны межгодовые флуктуации, без направленных тенденций. Устойчивый снежный покров начинает формироваться раньше примерно на 15 дней.

Из природных явлений, связанных с жизнедеятельностью животных, характерно более раннее появление иксодовых клещей (21 день).

Из природных явлений, связанных с фенологическими датами растений, анализировались шесть переменных. Ранее в Курильском заповеднике были обобщены данные о сезонном развитии растительности [18]. По результатам наших исследований фиксируется более раннее зацветание восковника (*Myrica tomentosa*) (на 7 дней), триллиума камчатского (*Trillium camschatcense*) (на 12 дн.) и более раннее появление плодов шикши (*Empetrum nigrum*) (7 дн.). В то же время отмечается более позднее начало цветения адониса амурского (*Adonis amurensis*) (11 дн.), рябины смешанной (*Sorbus commixta*) (8 дн.), и начало массового цветения хохлатки (*Corydalis ambigua*) (6 дн.).

Таким образом, изменения природных явлений, связанные с жизнью растений и животных, в целом имеют разнонаправленный характер. Относительно чётко тенденцию потепления климата может индицировать только более раннее появление иксодовых клещей. Для природных явлений, имеющих непосредственную физическую зависимость от климата, в большинстве случаев направленных изменений не наблюдается, характерны только межгодовые флуктуации.

**Поронайский заповедник** расположен на восточной оконечности о. Сахалин (п-ов Терпения) и омывается водами Охотского моря. Преобладают ландшафты горного и равнинного класса с елово-пихтовыми и лиственничными лесами, часть площади занимают болота. Климат на территории заповедника муссонный с чертами морского. Для анализа возможных изменений климата в Поронайском заповеднике использовались данные метеостанции Поронайск, которая имеет ряд наблюдений с 1908 г. Среднегодовая температура за весь период наблюдений составила +0,3 С, за базовый период (1961–1990 гг.) температура была несколько выше (+0,4 С). Однако в XXI в. наблюдается резкий рост температуры (Рис. 6). За период 2001–2015 гг. она составила уже +1,1 С, статистическая оценка однородности ряда наблюдений подтверждает наличие тренда в ряду среднегодовых значений. Повышение температуры наблюдается во все сезоны года, в наибольшей степени зимой, в минимальной степени в весенний период (Табл. 2). При сравнении с материковыми ландшафтами [16] можно

говорить о значительной схожести в температурных изменениях и по годам, и по сезонам, однако на материке потепление идёт более интенсивно.

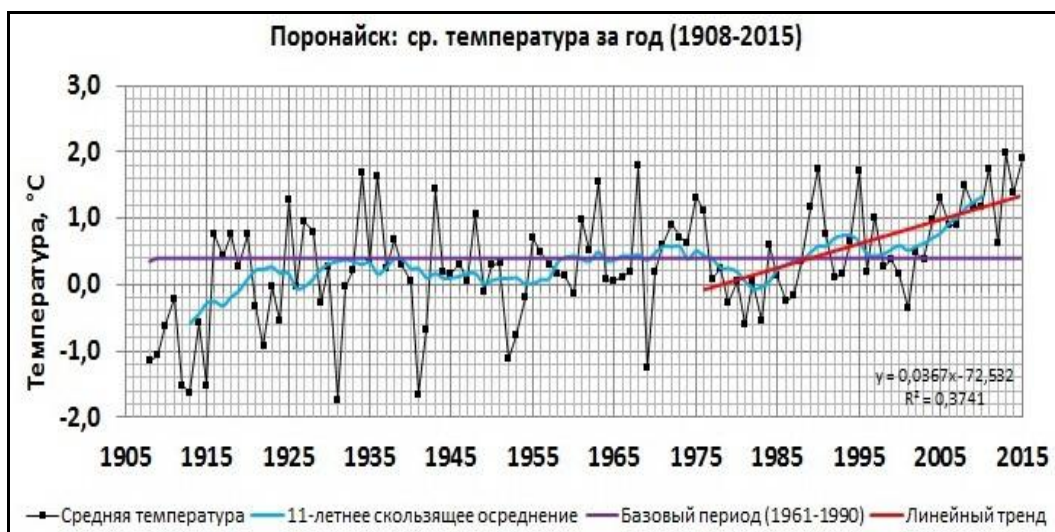


Рис. 6. Среднегодовая температура воздуха по данным метеостанции Поронайск (1908–2015).

Fig. 6. Average annual air temperature according to the weather station Poronaysk (1908–2015).

Среднее количество выпавших осадков за период наблюдений (1947–2010 гг.) составило 838 мм/год. В базовом периоде (1961–1990 гг.) выпадало 791 мм/год, в период 2001–2010 гг. количество осадков увеличилось до 900 мм/год (Рис. 7). Рост осадков происходит во все сезоны года за исключением осени, значение тренда за год тоже положительное (Табл. 3). Статистическая оценка подтверждает наличие направленных изменений только для зимы и весны. Летом и осенью наблюдается лишь временное изменение осадков, обусловленное, вероятно, особенностями циркуляции воздушных масс в регионе. Необходимо отметить, что из-за относительно небольших месячных значений осадков отмеченный рост в зимний и весенний сезоны может являться весьма значимым для экосистем Поронайского заповедника, поскольку происходит рост снежного покрова зимой и увеличение увлажнения в период начала зацветания растений.

Таким образом, климат Поронайского заповедника и прилегающей территории меняется в сторону потепления, зимой и весной статистически подтверждается направленное увеличение количества осадков. В потеплении и, несколько меньше, в повышении увлажнения проявляется значительное сходство с материковыми ландшафтами.

Из числа природных явлений, имеющих прямую физическую зависимость от климата, анализировались пять переменных. В датах выпадения первого снега, первых оттепелей и первых заморозков наблюдается смещение на более поздние сроки (в среднем на 30 дней). Последний снег и первый весенний дождь наблюдаются в те же сроки, т.е. направленных изменений не обнаруживается. В целом, из данных летописей природы можно сделать вывод, что происходит

сдвиг зимнего сезона (позже выпадает первый снег, позже начинаются первые оттепели), однако это не согласуется с выявленным потеплением весной по метеорологическим рядам.

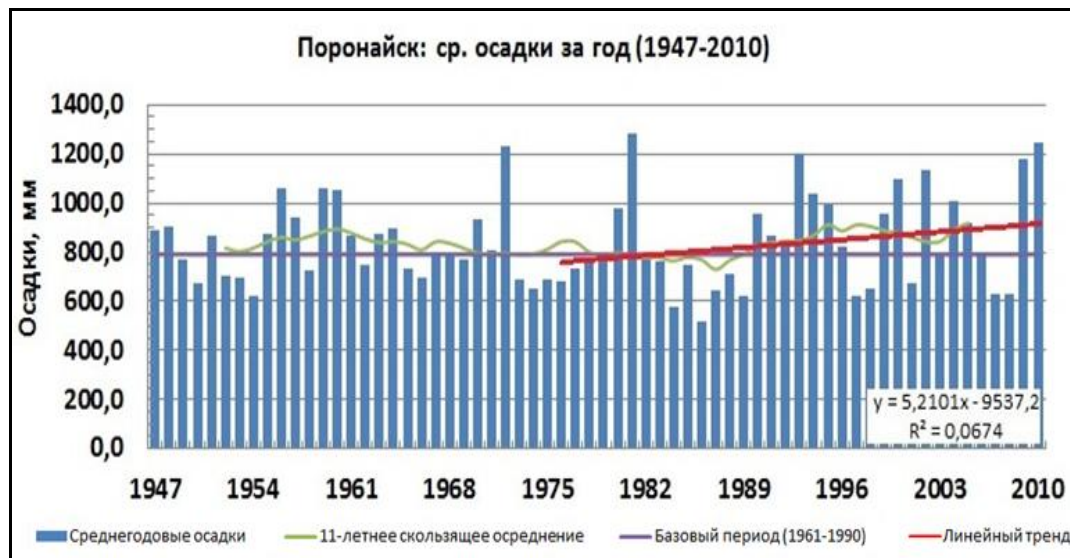


Рис. 7. Среднегодовое количество осадков по данным метеостанции Поронайск (1947–2010).  
Fig. 7. Average annual precipitation according to the weather station Poronaysk (1947–2010).

Из природных явлений, связанных с фенологическими датами растений, анализировались две переменных, по которым имеются ряды наблюдений. Начало цветения шиповника морщинистого (*Rosa rugosa*) смещается на более поздний срок (на 10 дней), а начало цветения морошки (*Rubus chamaemorus*) наступает в среднем на 4 дня раньше. При этом для морошки характерен сильный разброс значений по годам.

Для животных анализировалась одна переменная — начало прилёта озёрной чайки; направленных изменений в сроках прилёта не выявляется.

Таким образом, по имеющимся фенологическим данным Летописи природы о каком-либо отклике экосистем на изменение климата с уверенностью утверждать нельзя. Это может быть связано как с малой длиной ряда наблюдений, так и с отсутствием реакции экосистем как таковой.

*Обсуждение результатов.* Проведённый анализ показал, что на всех изученных островах климатические изменения: а) отчётливо выражены и подтверждаются методами математической статистики; б) заключаются в направленном потеплении, усилившемся в XXI в.; в) имеют островную специфику, заключающуюся в том, что по сравнению с материковыми ландшафтами ход изменений более плавный, смягчаемый влиянием морских воздушных масс; г) имеют региональную специфику, проявляющуюся в разной интенсивности потепления на разных островах по годам и по сезонам. В Поронайском и Курильском заповедниках сильнее всего теплеет зимой, на Командорах потепление наиболее

выражено летом. Корреляционный анализ температурных рядов показал, что изменения наиболее схожи в Курильском и Поронайском заповедниках: сильная связь отмечается для июля, августа и ноября ( $r = 0.8$ ), средняя — для всех остальных месяцев ( $r = 0.6-0.7$ ). Хорошо выраженная корреляция, очевидно, объясняется близким расположением двух заповедников и сходным муссонным климатом. Для удалённых Командорских островов с океаническим типом климата корреляция с двумя другими заповедниками низкая ( $r = 0-0.4$ ). В целом же тенденция повышения среднегодовой температуры на всех трёх островах отчётливо выражена, различаются только абсолютные значения и сезонный ход.

С осадками картина более сложная, чётких закономерностей не выявляется. В районе Курильского заповедника количество осадков уменьшается в переходные сезоны и увеличивается зимой и летом, то есть отмечается разнонаправленность по сезонам. В Поронайском заповеднике статистически подтверждённые линейные тренды наблюдаются зимой и весной, в среднем за год тренд статистически не подтверждается. Иная ситуация в районе Командорского заповедника: направленное изменение осадков отмечается только летом. В целом характерна разнонаправленность и разносезонность в изменении осадков. Корреляционная связь между заповедниками по осадкам слабая, в том числе отрицательная ( $r = \pm 0-0.2$ ).

Ещё более сложная и противоречивая ситуация имеет место при анализе Летописей природы заповедников в качестве источника информации для выявления отклика островных экосистем на установленные изменения климата. При сравнении всех трёх заповедников единой направленности в изменении сроков наступления фенологических дат у растений и животных не обнаруживается. Относительно выраженные направленные изменения фенологических показателей и других природных явлений, которые можно интерпретировать как реакцию экосистем на потепление климата, выявляются только в Командорском заповеднике. Для Курильского и Поронайского заповедников таких чётких однонаправленных изменений в фенодатах не выявляется, они разнонаправленны, несмотря на тенденцию потепления. Причин этого может быть несколько: 1) недостаточно сильное для биоты изменение гидротермических параметров среды; 2) недостаточная продолжительность изменений (то есть временной интервал между климатическим сигналом "на входе" в систему и реакций экосистем "на выходе" слишком короткий); 3) недостаточная способность Летописей природы уловить ответные реакции природных систем на климатические изменения.

На последней возможной причине остановимся более подробно. Идея Летописей природы в заповедниках возникла на раннем этапе становления заповедного дела в 1930-х гг., но в строгом виде оформилась только в середине 1980-х гг., когда на совещании во Львове по заповедному делу из двух альтернативных программ была выбрана одна [19]. В дальнейшем появилось

много работ, анализирующих предложенную программу ведения Летописей природы, критикующих её за акцентирование внимания на изучении биоты заповедников и недостаточный учёт абиотических факторов, процессов и явлений, предлагались различные изменения и дополнения в программу ведения Летописей и т. п. [20].

В контексте нашей статьи необходимо отметить, что программа Летописей природы формировалась в те годы, когда проблема глобального потепления климата и ответной реакции экосистем не являлась актуальной. Соответственно, задача улавливания этих изменений попросту не закладывалась в программу Летописей природы. На это обстоятельство накладывается недостаточная строгость и формализованность ведения Летописей природы, особенно контрастирующая с метеорологическими рядами, пропуск в отдельные годы Календарей природы из-за отсутствия соответствующих специалистов, дефицит финансирования, многочисленные организационно-административные реформы, преследующие заповедники и т. п. Таким образом, хотя исследования показывают, что изменения климата отчётливо выражены, и ответная реакция экосистем также имеет место, но Летописи природы в современном виде позволяют уловить лишь отдельные разрозненные фрагменты этой мозаики, без системно целостной картины. Вне рамок исследования остаются вопросы изменения видового состава и горизонтальной структуры экосистем, реакция абиотических компонентов, межкомпонентные связи и т. п. То обстоятельство, что фенологические материалы "Летописей природы" зачастую не позволяют выявить реакцию экосистем на изменения климата, отмечалось и ранее при анализе многолетних рядов в заповедниках [12].

Дальнейшее обсуждение этой проблемы выходит за рамки поставленных в статье вопросов. По всей видимости, следует признать, что Летописи природы не предназначены для решения подобных задач. Уже много лет обсуждается вопрос замещения Летописей природы программой экологического мониторинга. Эта точка зрения имеет как своих сторонников, так и противников, считающих, что делать этого ни в коем случае нельзя, поскольку могут быть потеряны уникальные многолетние ряды наблюдений Летописей природы, или же следует проводить наблюдения параллельно [20]. Современная программа экологического мониторинга, в разработке которой принимал участие один из авторов, осуществляется в Командорском заповеднике, однако небольшой временной интервал после начала работы программы пока не позволяет оценить её эффективность в контексте обсуждаемых задач.

*Заключение.* Острова, обсуждаемые в настоящей статье, относятся к региону Северо-Западной Пацифики, однако находятся в разных природных зонах, имеют разную площадь и разную степень изолированности. Вместе с тем на всех трёх островах выявлена тенденция к потеплению, усилившаяся в XXI в. Островная специфика климатических изменений выражена в более плавном,

ослабленном ходе потепления по сравнению с материковыми ландшафтами. Региональная специфика проявляется в разной интенсивности роста температуры по годам и по сезонам. Анализ годового и сезонного хода осадков не выявил чётких закономерностей, изменения разнонаправленны. Летописи природы фиксируют отдельные фрагменты динамики и функционирования экосистем, которые можно интерпретировать как реакцию на потепление, однако без целостной картины изменений.

*Благодарности.* Авторы выражают искреннюю благодарность всем сотрудникам островных заповедников и метеостанций, которые в течение многих лет в сложных природных условиях проводили наблюдения за ходом природных процессов.

### *Литература*

1. Milly P. C. D., Wetherald R. T., Dunne K. A., Delworth T. L. Increasing risk of great floods in a changing climate // *Nature*. 2002. Vol. 415. P. 514–517.
2. Шамо́в В. В. Признаки и последствия усиления динамики крупномасштабных гидрологических процессов в связи с изменением климата // *Известия Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле*. 2010. Т. 3. № 1. С. 183–193.
3. Тишков А. А., Белоновская Е. А., Вайсфельд М. А., Глазов П. М., Кренке А. Н., Морозова О. В., Покровская И. В., Царевская Н. Г., Тертицкий Г. М. «Позеленение» ландшафтов Арктики как следствие современных климатогенных и антропогенных трендов растительности // *Известия Русского географического общества*. 2016. Т. 148. № 3. С. 14–24
4. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 18–130.
5. Доклад об особенностях изменения климата на территории Российской Федерации за 2015 год. – М.: Росгидромет, 2016. 67 с.
6. Byshev V. I., Neiman V. G., Romanov Yu. On the essential differences between the large-scale variations of the surface temperature over the oceans and continents // *Oceanology*. 2006. Vol. 46. No. 2. P. 147–158.
7. Пономарев В. И., Каплуненко Д. Д., Крохин В. В. Тенденции изменений климата во второй половине XX века в Северо-Восточной Азии, на Аляске и северо-западе Тихого океана // *Метеорология и гидрология*. 2005. № 2. С. 15–26.
8. Смирнов Н. П., Воробьев В. Н. Северо-Тихоокеанское колебание и динамика климата в северной части Тихого океана. – СПб.: Изд-во РГГМУ. 2002. 122 с.
9. Каллаган Т. В., Величко А. А., Борисова О. К. Тундра в условиях меняющегося климата // *Известия РАН. Серия географическая*. 2010. № 4. С. 17–27.
10. Кудеяров В. Н., Демкин В. А., Гиличинский Д. А., Горячкин С. В., Рожков В. А. Глобальные изменения климата и почвенный покров // *Почвоведение*. 2009. № 9. С. 1027–1042.
11. Шамо́в В. В., Гарцман Б. И., Губарева Т. С., Макагонова М. А. Исследования гидрологических последствий современных изменений климата в Дальневосточном регионе России // *Вестник ДВО РАН*. 2014. №2. С. 15–23.
12. Влияние изменения климата на экосистемы / отв. ред. А. О. Кокорин, А. В. Кожаринов, А. А. Минин. – М.: Русский университет, 2001. 184 с.
13. Иванов А. Н., Губанова Д. Д. Влияние изменений климата на экосистемы Командорских островов // *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Материалы XII Международной научной конференции*. Петропавл.-Камч.: Камчатпресс, 2011. С. 142–145.

14. Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: Издательский центр "Академия", 2004. 416 с.
15. Иванов А. Н. Ландшафтные особенности Командорских островов // Известия Русского Географического общества. 2003. Т. 135. Вып. 1. С. 64–70.
16. Кокорин А. О., Смирнова Е. В., Замолодчиков Д. Г. Изменения климата. Вып. 2. Регионы Дальнего Востока. – М.: Всемирный фонд дикой природы, 2013. 234 с.
17. Шкаберда О. А., Василевская Л. Н. Оценка изменений температуры воздуха на Камчатке за последние 60 лет // Вестник ДВО РАН. 2013. №3. С. 69–77.
18. Еременко Н. А., Баркалов В. Ю. Сезонное развитие растений Южных Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2009. 280 с.
19. Филонов К. П., Нухимовская Ю. Д. Летопись природы в заповедниках СССР. Методическое пособие. – М.: Наука, 1985. 144 с.
20. Дежкин В. В., Снакин В. В. Заповедное дело. Толковый терминологический словарь-справочник с комментариями. – М.: НИИ-Природа, 2003. 307 с.

## **Climate Changes of the Far Eastern Nature Island Reserves and the Response of Ecosystems During the Last Century**

A. N. Ivanov, A. I. Moiseev  
*Lomonosov Moscow State University*  
*Moscow, 119991, Russian Federation*  
*e-mail: [a.n.ivanov@mail.ru](mailto:a.n.ivanov@mail.ru)*

### **Abstract**

Trends of climate change on the islands of Far Eastern seas has been studied by the examples of the Komandorsky, the Kurils and the Poronaysky nature reserves. It was figured out that in recent decades climate warming has taken place in all islands, and it increased in the XXI century. Climate changes have regional particularity, expressed in terms of different intensity of warming on various islands by year and by season. In the Poronaysky and the Kurils reserves warming is the most considerable in winter, and summer warming is specific for the Komandorsky reserve. There are no clear regularities in annual and seasonal distribution of precipitation, the patterns are multidirectional. According to the chronicles of nature the response of ecosystems to climate change is ambiguous. In the Komandorsky nature reserve displacement of some phenological events has been detected and it can be interpreted as response to warming, in the other two reserves clear unidirectional changes have not been found out.

*Key words:* island reserves, climate change, chronicles of nature, tendencies.

### **References**

1. Milly P. C. D., Wethera R. T., Dunne K. A., Delworth T. L., 2002, Increasing risk of great floods in a changing climate, *Nature*, vol. 415, pp. 514–517.
2. Shamov V. V., 2010, Features and effects of large-scale hydrological processes dynamics amplification due to a changing climate, *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, vol. 3, no. 1, pp. 183–193. (in Russ.).
3. Tishkov A. A., Belonovskaya E. A., Vaysfel'd M. A., Glazov P. M., Krenke A. N., Morozova O. V., Pokrovskaya I. V., Tsarevskaya N. G., Tertitskiy G. M., 2016, «Greening» of the Arctic landscape as a result of modern climate-caused and anthropogenic trends of vegetation cover, *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*, vol. 148, no. 3, pp. 14–24. (in Russ.).
4. *Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii* [The second assessment report of Roshydromet on climate change and their consequences on the territory of the Russian Federation], 2014. pp. 18–130, Rosgidromet, Moscow. (in Russ.).



5. *Doklad ob osobennostyakh izmeneniya klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2015 god* [Report on the peculiarities of climate change in the territory of the Russian Federation for 2015], 2016, 67 p., Rosgidromet, Moscow. (in Russ.).
6. Byshev V. I., Neiman V. G., Romanov Yu., 2006, On the essential differences between the large-scale variations of the surface temperature over the oceans and continents, *Oceanology*, vol. 46, no. 2, pp. 147–158.
7. Ponomarev V. I., Kaplunenko D. D., Krokhin V. V., 2005, Tendentsii izmeneniy klimata vo vtoroy polovine XX veka v Severo-Vostochnoy Azii, na Alyaske i severo-zapade Tikhogo okeana [Tendencies of climate changes in the second half of the XX century in Northeast Asia, Alaska and the north-west of the Pacific Ocean], *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 2, pp. 15–26. (in Russ.).
8. Smirnov N. P., Vorob'ev V. N., 2002, Severo-Tikhookeanskoe kolebanie i dinamika klimata v severnoy chasti Tikhogo okeana [North-Pacific Oscillation and Climate Dynamics in the North Pacific], 122 pp., Publishing house RGGMU, St. Petersburg. (in Russ.).
9. Callaghan T. V., Velichko A.A., Borisova O.K., 2010, Tundra in Changing Climate, *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk: Seriya geograficheskaya*, no. 4, pp. 17–27. (in Russ.).
10. Kuderyarov V. N., Demkin V. A., Gilichinskiy D. A., Goryachkin S. V., Rozhkov V. A., 2009, Global'nye izmeneniya klimata i pochvennyy pokrov [Global climate changes and soil cover], *Pochvovedenie*, no.9, pp 1027–1042. (in Russ.).
11. Shamov V. V., Gartsman B. I., Gubareva T. S., Makagonova M. A., 2014, Studies of hydrological response to current climate change at the Russian Far East, *Vestnik of the Far-East Branch of the Russian Academy of Sciences*, no. 2, pp. 15–23. (in Russ.).
12. Kokorin A. O. (ed.), 2001, *Vliyanie izmeneniya klimata na ekosistemy* [The impact of climate change on ecosystems], 184 p., Russkiy universitet, Moscow. (in Russ.).
13. Ivanov A. N., Gubanova D. D., 2011, Effect of climate changes on the ecosystems of the Commander Islands, in *Sokhranenie bioraznobraziya Kamchatki i prilegayushchikh morey. Materialy XII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Petropavl'jvsk-Kamchatskiy, 2011* [Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas, Proceedings of the XII International Scientific Conference, Petropavl'jvsk-Kamchatskiy, 2011], pp. 142–145, Petropavl'jvsk-Kamchatskiy. (in Russ.).
14. Puzachenko Yu. G., 2004, *Mathematical methods in ecological and geographical studies*. 416 p., Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", Moscow. (in Russ.).
15. Ivanov A. N., 2003, Landscape features of the Commander Islands, *Izvestia of the Russian Geographical Society*, vol. 135, no. 1, pp. 64–70. (in Russ.).
16. Kokorin A. O., Smirnova E. V., Zamolodchikov D. G., 2013, *Izmeneniya klimata. Vyp. 2. Regiony Dal'nego Vostoka* [Climate changes. Issue. 2. Regions of the Far East], 234 p., World Wildlife Fund, Moscow. (in Russ.).
17. Shkaberda O. A., Vasilevskaya L. N. 2013, The estimation of air temperature changes in Kamchatka over the last 60 years, *Vestnik of the Far-East Branch of the Russian Academy of Sciences*, no. 3, pp. 69–77. (in Russ.).
18. Eremenko N. A., Barkalov V. Yu. 2009, *Sezonnoe razvitiye rasteniy Yuzhnykh Kuril'skikh ostrovov* [Seasonal development of plants of the Southern Kuril Islands], 280 p. Dal'nauka, Vladivostok. (in Russ.).
19. Filonov K. P., Nukhimovskaya Yu. D., 1985, *Letopis' prirody v zapovednikakh SSSR* [Annals of nature in the reserves of the USSR], 144 p. Nauka, Moscow. (in Russ.).
20. Dezhkin V. V., Snakin V. V., 2003, *Zapovednoe delo. Tolkovyy terminologicheskiy slovar'-spravochnik s kommentariyam* [The Nature Conservation Problems. Explanatory terminological dictionary-reference book with comments], 307 p., NIA-Nature, Moscow. (in Russ.).