

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 551.582(571.62)

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «КОМСОМОЛЬСКИЙ»

П.С. Ван

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Заповедное Приамурье»,  
пр. Мира 54, г. Комсомольск-на-Амуре, 681000,  
e-mail: vanpolina8710@mail.ru

*Впервые приводятся подробные карты температуры воздуха и сумм осадков (годовых, сезонных, холодного и теплого периодов) для территории заповедника «Комсомольский». Карты получены путем формирования матриц из данных о климате глобальной базы WorldClim. Показано, что на территории разница среднегодовых температур воздуха достигает 4 °С, а годового количества осадков – 135 мм. Такая пространственная гетерогенность оказывает влияние на экосистемы, что определяет необходимость их изучения. Проведен сравнительный анализ полученных климатических данных заповедника с показателями метеостанции «Комсомольск» и Нижнего Приамурья. Выявленные различия могут служить формированию поправок при расчете температур и осадков в заповеднике с использованием данных ближайших метеостанций.*

**Ключевые слова:** заповедник «Комсомольский», растровые карты, температура воздуха, осадки, Нижнее Приамурье.

#### Введение

Для климатической характеристики природного заповедника «Комсомольский», созданного в 1963 году на юге Нижнего Приамурья, находящегося в 40 км к востоку от города Комсомольска-на-Амуре, до недавнего времени использовались данные гидрометеостанции (ГМС) «Комсомольск», расположенной в центре города. Такие данные могут существенно отличаться от климатических показателей заповедника в связи с удаленностью метеостанции и нахождением ее в «городской среде». В 2012 году у юго-западной границы особо охраняемой природной территории (ООПТ) установлена автоматическая метеостанция «НОВО», продолжительность работы которой с учетом перерывов до полугода, что не позволяет на сегодняшний день провести расчет многолетних климатических показателей для заповедника. Кроме того, измерения в одной точке не могут дать общей картины распределения таких климатических показателей, как температура воздуха и осадки, по территории площадью 64 тыс. га с горно-долинным рельефом. Между тем, наличие такой информации является основой для научных исследований на ООПТ.

Сейчас в свободном доступе в глобальной

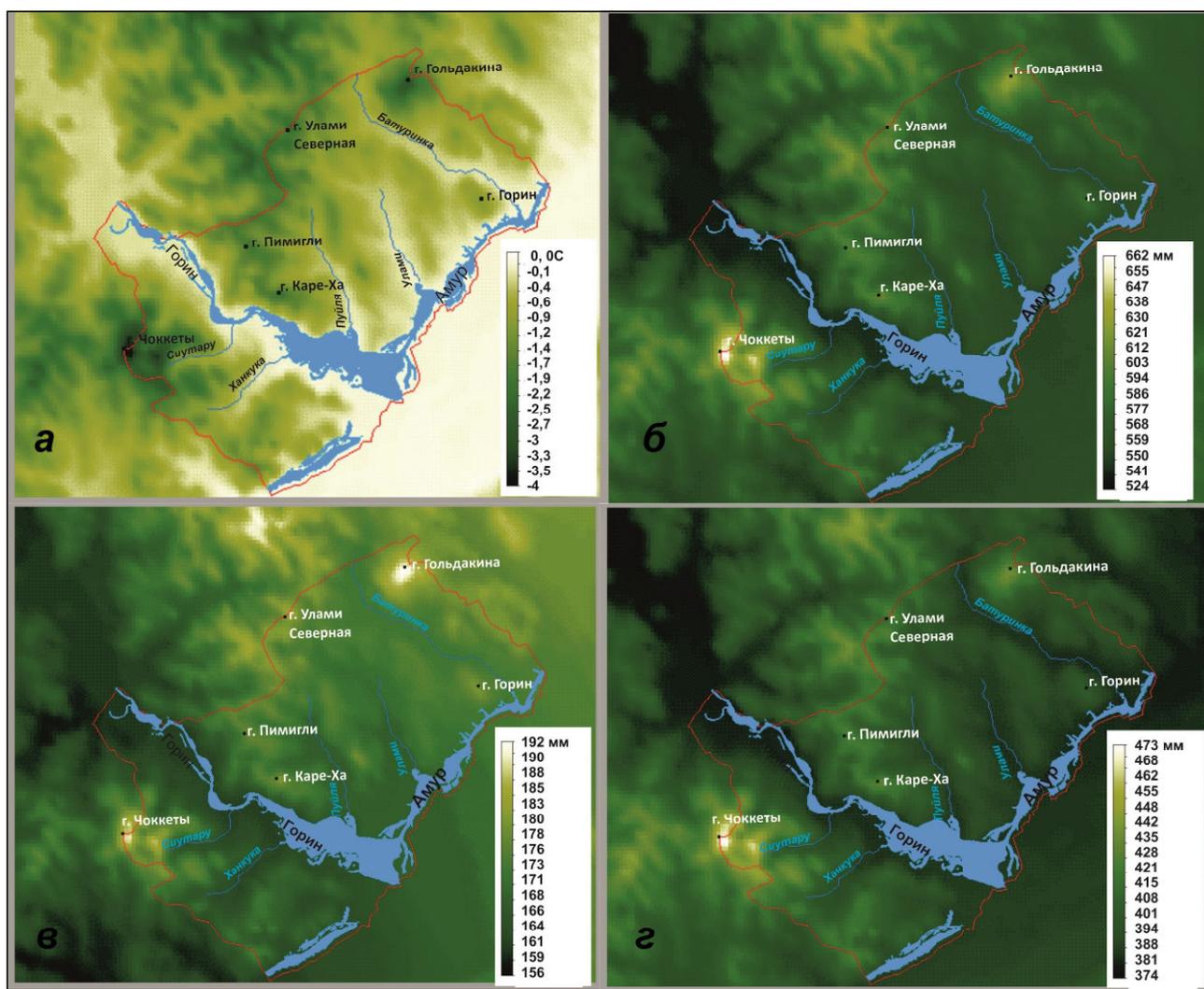
базе данных WorldClim [15] находятся подробные климатические данные для всей поверхности Земли, дающие детальную информацию по основным среднегодовым климатическим показателям. В этой базе хранятся матрицы сумм осадков, максимальных, средних и минимальных температур каждого месяца, усредненные за 50 лет (1950–2000 гг.) и имеющие пространственное разрешение 30 дуговых секунд (около 900 м вдоль меридиана на экваторе, что отвечает 600 м на широтах 40–60 градусов). Эти матрицы получены обработкой данных метеостанций: 47 554 станций по осадкам, 24 542 – по средним температурам, 14 930 – по максимальным и минимальным температурам. Ценность таких данных заключается в том, что климатические характеристики для определенного района даются по каждой точке, что помогает получить информацию о пространственном распределении климатических показателей на небольшой территории, такой как ООПТ. Данные WorldClim являются основой для многих научных работ последних лет, посвященных пространственно-временному анализу и картографированию климатических характеристик [11, 16, 19]; выявлению факторов, определяющих видовой состав растительных сообществ [17, 18],

их продуктивности [12]; моделированию распределения флоры и растительности [3, 4], фауны и животного мира [8, 14] и многому другому. Данные WorldClim доступны на сайте <http://www.worldclim.org/>.

Цель настоящей работы – сформировать подробные климатические карты-матрицы распределения среднегодовой температуры воздуха и осадков для территории заповедника «Комсомольский» на основе базы данных WorldClim и сравнить их со средними многолетними показателями ГМС «Комсомольск», используемыми ранее, а также с усредненными данными для Нижнего Приамурья.

## Материалы и методы

Заповедник «Комсомольский» находится на южной границе Нижнеамурской области [5], имеет низко- и среднегорно-долинный рельеф. Большую часть территории занимают ландшафты низкогорных и среднегорных хребтов и массивов с елово-пихтовыми и хвойно-широколиственными лесами. Меньшими по площади являются ландшафты аллювиальных низменностей суженных участков долины Амура с широколиственными лесами и межгорные низменные равнины с болотами и разреженными лиственными лесами (марьями) [6]. Под лесами распространены почвы буроземного типа.



*Рис. 1. Распределение среднегодовой температуры воздуха (а), годового количества осадков (б), осадков за холодный (в) и теплый (г) периоды по территории заповедника «Комсомольский»*

*Fig. 1. Distribution of average annual air temperature (a), annual precipitation (b), precipitation for cold (c) and warm (d) periods in the Komsomolsky Nature Reserve*

Согласно схеме климатического районирования Хабаровского края, заповедник расположен в Нижнеамурском районе Амгунь-Нижнеамурской провинции муссонной Тихоокеанской лесной климатической области. Для территории характерен муссонно-континентальный климат [7].

На основе глобальной базы данных WorldClim и с помощью программы ГисЭко [13, 20] сформированы карты-матрицы температуры воздуха и сумм осадков – годовых, сезонных и основных периодов – для заповедника «Комсомольский» (рис. 1, 2). К сожалению, формат статьи не позволяет представить эти карты в размере, позволяющем более детально рассмотреть значе-

ния климатических показателей для разных участков территории. При работе с ними в программе ГисЭко это становится возможным: для каждой точки можно получить соответствующие данные с точностью до десятых единиц. Используя полученные таким образом карты-матрицы для заповедника и Нижнего Приамурья, в программе ГисЭко произведен расчет среднегодовых климатических показателей для этих территорий осреднением данных для каждой точки (табл. 1).

Несмотря на невозможность корректного расчета среднееголетних климатических показателей метеостанции, эксплуатируемой на территории заповедника в течение последних 6 лет с

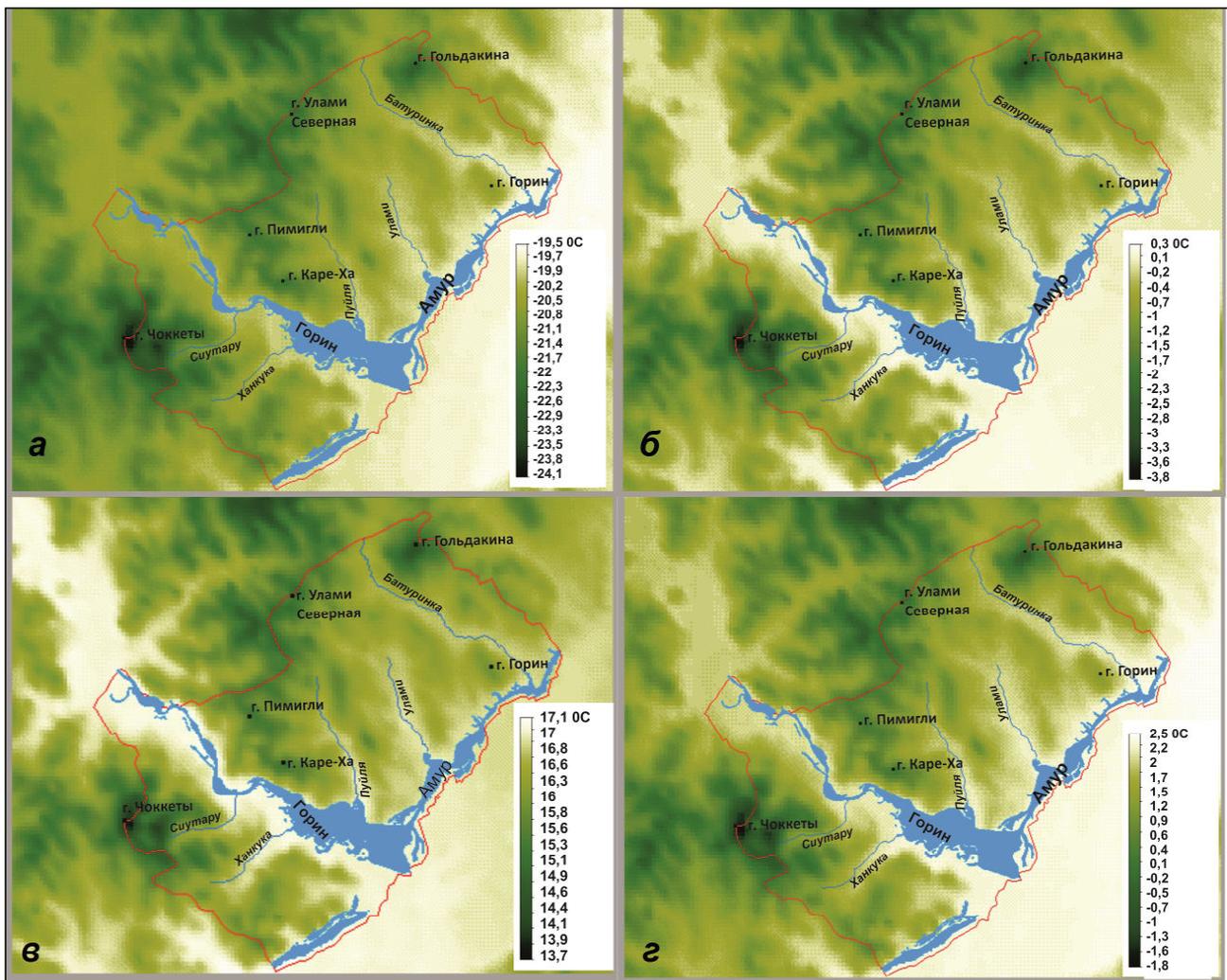


Рис. 2. Распределение среднегодовой температуры воздуха зимой (а), весной (б), летом (в) и осенью (г) по территории заповедника «Комсомольский»

Fig. 2. Distribution of the average annual air temperature in winter (a), spring (b), summer (c) and autumn (d) in the Komsomolsky Nature Reserve

## Среднегодовые климатические показатели Нижнего Приамурья, заповедника «Комсомольский», метеостанций «Комсомольск» и НОВО

Table 1

## Average annual climatic indexes of the Low Amur Region, Komsomolsky Nature Reserve, Komsomolsk and NOBO weather stations

	$Q_{г.}, мм*$	$Q_{т.п.}, мм$	$Q_{х.п.}, мм$	$T_{г.}, °C$	$t_{ср. июля}, °C$	$t_{ср. января}, °C$	$T_{ср. зима}, °C$	$T_{ср. весна}, °C$	$T_{ср. лето}, °C$	$T_{ср. осень}, °C$
Нижнее Приамурье	589	371	218	-2,2	16,5	-24,3	-21,8	-2,4	15,1	0,2
Заповедник «Комсомольский»	558	390	168	-0,9	17,7	-23,2	-20,7	-0,7	16,3	1,5
ГМС «Комсомольск»	545	382	163	-0,2	20,5	-24,8	-22,4	1,2	18,7	1,6
Метеостанция НОВО	-	-	-	0,9	20,6	-23,8	-21,2	3,2	18,3	2,8

**Условные обозначения:**  $Q_{г.}, мм*$  – годовая сумма осадков;  $Q_{т.п.}, мм$  – сумма осадков теплого периода (с мая по сентябрь);  $Q_{х.п.}, мм$  – сумма осадков холодного периода (с октября по апрель);  $T_{г.}, °C$  – среднегодовая температура воздуха;  $t_{ср. июля}, °C$  – среднегодовая температура воздуха июля;  $t_{ср. января}, °C$  – среднегодовая температура воздуха января;  $T_{ср. зима}, °C$  – зимняя среднегодовая температура воздуха;  $T_{ср. весна}, °C$  – весенняя среднегодовая температура воздуха;  $T_{ср. лето}, °C$  – летняя среднегодовая температура воздуха;  $T_{ср. осень}, °C$  – осенняя среднегодовая температура воздуха

некоторыми перерывами, в табл. 1 представлены ее усредненные данные (метеостанция НОВО).

С целью дальнейшего более корректного ведения раздела «Погода» Летописи природы при использовании данных ГМС «Комсомольск» для заповедника «Комсомольский» были рассчитаны поправочные коэффициенты (табл. 2). Коэффициенты рассчитывались следующим образом:

$$K_i = T_{ср.мес. ГМС Комсомольск} / T_{ср.мес. КЗ}$$

где  $K_i$  – поправочный коэффициент для расчета средней температуры воздуха,  $T_{ср.мес. ГМС Комсомольск}$  – среднемесячная температура воздуха за каждый месяц года по данным ГМС «Комсомольск»,  $T_{ср.мес. КЗ}$  – среднемесячная температура воздуха за каждый месяц года для территории заповедника «Комсомольский», полученная по данным базы WorldClim.

Так, например, чтобы узнать среднемесячную температуру января в заповеднике в 2020 г. при известных данных ГМС «Комсомольск»  $T_{январь 2020} = -25,3 °C$ , нужно выполнить следующее действие:  $T_{январь 2020} K_{11} = T_{январь 2020 ГМС Комсомольск} / K_{11}$ , получим  $-24,1 °C$ .

### Результаты и обсуждение

Горно-долинный рельеф и влияние Охотского моря с повышенной облачностью уменьшают поступление суммарной солнечной радиации на территорию Нижнего Приамурья. Это наряду с муссонной циркуляцией и циклонической дея-

Таблица 2

Поправочные коэффициенты для расчета средней температуры воздуха ( $K_i$ ) на территории заповедника «Комсомольский» при использовании данных МС «Комсомольск»

Table 2

Correction factors for calculating the average air temperature ( $K_i$ ) in the Komsomolsky Nature Reserve, when using data from MS «Komsomolsk»

Период (месяцы)	Поправочный коэффициент ( $K_i$ )
1–12	0,25
5–9	1,15
10–4	1,04
12–2	1,08
3–5	1,67
6–8	1,15
9–11	1,04
1	1,07
2	1,09
3	0,90
4	1,00
5	1,34
6	1,22
7	1,16
8	1,08
9	1,05
10	1,04
11	1,05
12	1,09

тельностью формирует здесь достаточно низкую среднегодовую температуру воздуха (табл. 1). Комсомольский заповедник, благодаря своему южному положению в регионе, отличается более теплыми температурами воздуха.  $T_{год}$  в заповеднике на 1,3 °С выше, чем в среднем для Нижнего Приамурья, и на 0,7 °С ниже, чем для ГМС «Комсомольск». Наличие средних и низких гор определяет неравномерное распределение температуры воздуха по территории. Так,  $T_{год}$  на ООПТ изменяется от -0,1 °С в долинах рек до -4 °С на вершинах гор Чоккеты (769 м) и Гольдакина (566 м) (рис. 1а).

Зимой на территорию Нижнего Приамурья поступает арктический воздух в виде северо-западного потока, который представляет собой континентальный зимний муссон с низкой температурой и малым влагосодержанием [1].  $T_{зима}$  для заповедника составляет -20,7 °С, что на 1,7 °С выше, чем для ГМС «Комсомольск», и на 1,1 °С выше, чем в среднем для Нижнего Приамурья. В течение зимы температура воздуха также распределяется неравномерно по территории (рис. 2 а). Наиболее теплыми зимой остаются приустьевые участки рек Горин, Батурина, Улами и Пуйля, где  $T_{зима} = -20$  °С. Самые холодные в заповеднике горы с максимальными высотами – Чоккеты, Гольдакина, а также северная часть заповедника с вершинами Улами Северная (505 м), Каре-ха (433 м) и Пимигли (447), где  $T_{зима} = -24$  °С. Здесь в январе  $T_{январь}$  опускается до -26,6 °С.

Устойчивый переход суточной температуры воздуха через -5 °С, означающий начало весны, происходит в течение марта. Весна в заповеднике холодная, отличается крайне неустойчивой погодой [6]. В горных районах  $T_{весна}$  опускается до -4 °С (г. Чоккеты -3,9 °С, г. Гольдакина -2,7 °С, г. Улами Северная -2,3 °С) (рис. 2 б). Максимально прогретыми остаются долины рек, где температура воздуха поднимается до 0 °С.  $T_{весна}$  для заповедника на 1,9 °С ниже, чем по данным ГМС «Комсомольск», и на 1,7 °С выше, чем в среднем для Нижнего Приамурья.

Летний муссон приносит на территорию морской полярный воздух, отличающийся невысокой температурой и повышенным влагосодержанием [1]. Летом в Комсомольском заповеднике в горной местности температура воздуха прогревается до 13,5 °С, в долинах рек – до 17 °С. В июле  $T_{июль}$  составляет 15–16 °С для горных районов и 18,5 °С для речных долин (рис. 2в). Для остальной территории заповедника характерны усредненные показатели  $T_{лето} = 16,3$  °С, что на 2,4 °С ниже, чем

на ГМС «Комсомольск», и на 1,2 °С выше, чем в среднем для Нижнего Приамурья.

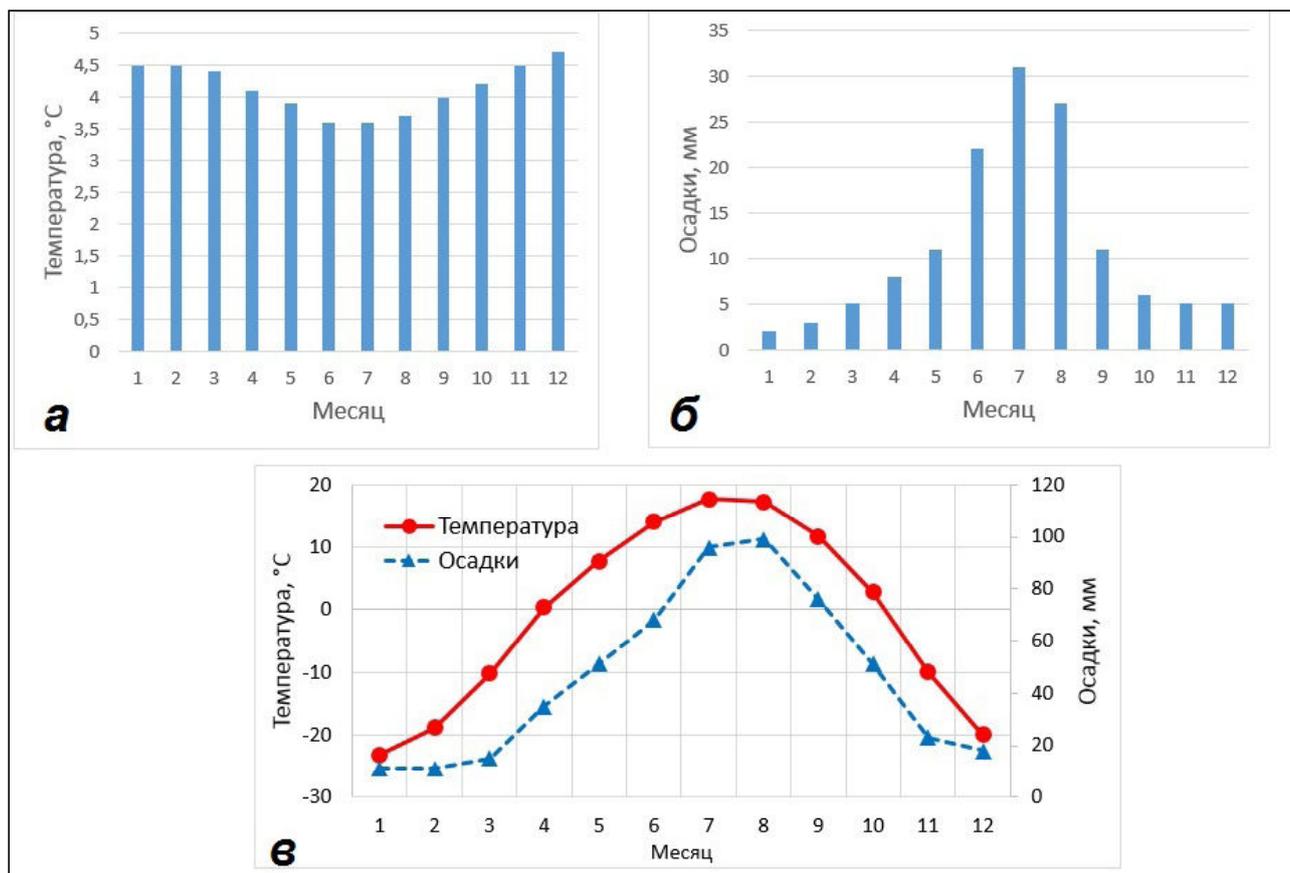
Осень – самое короткое время года, длящееся до 40 дней. Переход от летнего муссона к зимнему происходит быстро [6].  $T_{осень}$  заповедника составляет 1,5 °С, что практически совпадает с данными ГМС «Комсомольск», но на 1,3 °С выше, чем в среднем для Нижнего Приамурья. Наиболее охлаждены по-прежнему горные вершины: Чоккеты -1,9 °С, Гольдакина -0,7 °С, Пимигли 0 °С (рис. 2г). Долины рек прогреваются до 2,3 °С.

Таким образом, пространственная разница в распределении среднегодовой температуры воздуха по территории Комсомольского заповедника составляет 4,1 °С (рис. 3а). Меньше всего температура изменяется в летний период – 3,6–3,7 °С. С наступлением холодов разница температур достигает 4,7 °С. Это является следствием горно-долинного рельефа, выражающегося в снижении температуры на вершинах и увеличении ее в придолинных участках.

Необходимо отметить, что полученные карты-матрицы распределения температуры воздуха не демонстрируют явление температурной инверсии, когда образуются придолинная и приводораздельная области пониженной и повышенной теплообеспеченности соответственно. Согласно некоторым работам [9, 10], это оказывает значительное влияние на климат Комсомольского заповедника. Возможно, температурная инверсия имеет место в некоторые небольшие промежутки времени, которые не отражаются на усредненных, в том числе месячных, показателях.

Количество осадков в заповеднике сильно различается по сезонам года (рис. 1б–г) (табл. 1), при этом  $Q_{год}$  не существенно отличается от данных ГМС «Комсомольск» и Нижнего Приамурья. 70% осадков выпадают в теплый период года, когда воздушные потоки направлены с моря на сушу, принося с собой воздух с повышенным влагосодержанием. Со второй половины июля, в августе и сентябре в Нижнем Приамурье идут дожди. В это время наибольшее  $Q_{т.л.}$  наблюдается в районе гор Чоккеты и Гольдакина – 410–440 мм, а наименьшее в долинах рек – 370–380 мм.

С преобладанием антициклональных погод на территории связано небольшое количество осадков в холодный период. Максимальное  $Q_{х.п.}$  выпадает в верховье реки Улами, в районе гор Чоккеты, Гольдакина, Каре-ха и Горин, а также по восточной границе заповедника – 170–180 мм. Минимум осадков наблюдается в долинах рек Горин, Ханкука, Улами и Пуйля – 160–165 мм.



**Рис. 3. Пространственная разница между максимальными и минимальными месячными температурой воздуха (а) и осадками (б); годовая динамика температуры воздуха и осадков в заповеднике «Комсомольский» (в)**

**Fig. 3. Spatial difference between the maximum and minimum monthly air temperature (a) and precipitation (b); annual dynamics of air temperature and precipitation in the Komsomolsky Nature Reserve (c)**

Пространственная разница между максимальным и минимальным количеством месячных осадков в течение года по территории заповедника также сильно зависит от сезона (рис. 3б). В холодное время, с октября по март, она минимальна и составляет 26 мм. В межсезонье – с апреля по май и в сентябре – разница осадков достигает 19 и 11 мм соответственно. Летом разница максимальна – 80 мм.

Среднемесячные показатели температур и осадков изменяются в течение года синхронно, что говорит о суровости климата в заповеднике, поскольку снижение температуры воздуха зимой сопровождается уменьшением количества осадков, что неблагоприятно воздействует на растения (рис. 3в).

#### **Заключение**

Таким образом, распределение температуры воздуха и осадков по территории заповедника

определяется его средне- и низкогорно-долинным рельефом. Температура в горной части заповедника в течение года ниже, чем в долине реки Горин и ее притоков, в среднем на 4°C. Наибольшая разница температур характерна для зимнего периода – 4,5 °C. Осадков в горной части заповедника выпадает больше, чем в речных долинах. Общая разница составляет 34 и 102 мм в холодный и летний периоды соответственно.

В целом температурный режим заповедника отличается от данных МС «Комсомольск» более низкими показателями с разницей среднегодовых температур за год в 0,7 °C. Исключение составляет зима, когда в заповеднике теплее на 1,7 °C. При этом наибольшего различия температура воздуха достигает летом – 2,4 °C. Такая разница среднегодовых температур может быть существенной при исследовании характеристик экосистем заповедника, поэтому нами предложены поправочные

коэффициенты для расчета температуры воздуха в заповеднике при использовании данных МС «Комсомольск». По количеству осадков больших различий между ГМС «Комсомольск» и заповедником не выявлено.

В Нижнем Приамурье территория Комсомольского заповедника отличается более мягким температурным режимом, что является следствием расположения его на южной границе физико-географической страны. Температура воздуха в разные сезоны года выше, чем в регионе, на 1–2,5 °С. Однако осадков здесь выпадает меньше, чем в среднем по Нижнему Приамурью. Хотя разница в среднегодовом количестве осадков составляет всего 30 мм, в холодный период она достигает 50 мм.

Полученные результаты послужили основой для формирования поправок при расчете средней температуры воздуха в заповеднике с использованием данных ближайшей метеостанции – ГМС «Комсомольск». Это в свою очередь позволит получать корректные данные для раздела «Погода» при ежегодном написании Летописи природы.

Таким образом, полученные климатические карты заповедника дают подробное представление о распределении температуры воздуха и осадков по территории, позволяют уточнить его климатическую характеристику и имеют практическое значение при использовании их в других исследованиях.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Алисов Б.П. Климат СССР. М.: Высшая школа, 1956. 104 с.
2. Витвицкий Г.Н. Климат // Южная часть Дальнего Востока / отв. ред. В.П. Чичагов. М.: Наука, 1969. С. 70–97. (Природные условия и естественные ресурсы СССР).
3. Исаев А.П., Борисов Б.З., Никифорова Е.Н. Биоклиматическое моделирование ареала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2019. Т. 24, № 3. С. 121–133.
4. Кожевникова М.В., Прохоров В.Е., Савельев А.А. Прогнозное моделирование распространения растительных сообществ порядка *Quercetalia pubescenti-petraeae* Klika 1933 // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 47. С. 59–73.
5. Криволюцкий А.Е. Амурско-Приморская страна // Физико-географическое районирование СССР: характеристика региональных единиц / под ред. Н.А. Гвоздецкого. М.: Типография изд-ва МГУ, 1968. С. 503–542.
6. Никонов В.И. Природные ландшафты Нижнего Приамурья // Сибирский географический сборник. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1975. № 10. С. 128–175.
7. Петров Е.С., Новороцкий П.В., Леншин В.Т. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 2000. 174 с.
8. Тупиков А.И., Украинский П.А. Сравнительный анализ различных подходов к моделированию видового ареала в программе Maxent (на примере узорчатого полоза и степной гадюки) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4 (225). С. 71–84.
9. Упоров Г.А. Географическое положение и ландшафтное разнообразие Комсомольского государственного природного заповедника // Естественно-географические исследования. 2008. № 6. С. 17–26.
10. Упоров Г.А. Системный анализ и моделирование ландшафтно-геофизических полей При тихоокеанского геозкотона: дис. канд. геогр. наук. Иркутск, 1999. 23 с.
11. Черепанова Е.С., Ермакова Л.Н., Шихов А.Н. Разработка карт распределения биоклиматических индексов на основе данных WorldClim 2.0 (На примере территории Пермского края) // ИнтерЭкспо Гео-Сибирь. 2018. № 1. С. 230–237.
12. Шарая Л.С., Шарый П.А., Рухович О.В. Прогнозные оценки урожайности озимой пшеницы с учетом рельефа // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20, № 2-2 (82). С. 377–383.
13. Шарый П.А. Аналитическая ГИС Эко. URL: <http://www.esti-map.ru> (дата обращения: 29.10.2020).
14. Hadgu M., Menghistu H.T., Girma A., Abrha H., Hagos H. Modelling the potential climate change-induced impacts on future genus *Rhipicephalus* (Acari: Ixodidae) tick distribution in semi-arid areas of Raya Azebo district, Northern Ethiopia // Journal of Ecology and Environment. 2019. Vol. 43, N 1. P. 43.
15. Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // Int. J. Climatol. 2005. Vol. 25. P. 1965–1978.
16. Lai Y.-J., Kuraji K., Tanaka N., Im S., Tantisarin C., Tuankrva V., Majuakim L., Cleophas F., Mahali M.B. Climate classification of Asian uni-

- iversity forests under current and future climate // Journal of Forest Research. 2020. Vol. 25, N 3. P. 136–146.
17. Macek M., Kopecký M., Wild J. Maximum air temperature controlled by landscape topography affects plant species composition in temperature forests // Landscape Ecology. 2019. Vol. 34, N 11. P. 2541–2556.
18. Sharyi P.A., Kostina N.V., Ivanova A.V., Sharaya L.S. The influence of the intra-annual distribution of climate characteristics on the diversity of vascular plants in the middle Volga region // Russian Journal of Ecology. 2019. Vol. 50, N 3. P. 209–217.
19. Stoica I.A. An interpretation of multi-model future climate predictions for bioclim variables in Romania // Contributii Botanice. 2018. Vol. 53. P. 79–109.
20. Wood J. Overview of software packages used in geomorphometry // (Eds.) Hengl T. Reuter H.I. Geomorphometry: Concepts. Software. Applications. Developments in Soil Science. Amsterdam. etc.: Elsevier. 2009. Vol. 33. Chapter 10. P. 257–267.

## DISTRIBUTION OF AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN THE KOMSOMOLSKY NATURE RESERVE

P.S. Van

*In this work, the author for the first time provides detailed maps of air temperature and precipitation amounts (annual, seasonal, cold and warm periods) for the territory of the Komsomolsky Nature Reserve by forming matrices from the WorldClim global database of climate data. They show that the difference in average annual air temperatures in the area reaches 4 °C, and in annual precipitation – 135 mm. Such spatial heterogeneity has an impact on ecosystems, and its consideration is important for their study. The author made a comparative analysis of the climatic data for the reserve with the indicators obtained from the Komsomolsk and the Lower Amur region weather stations. The identified differences can serve to form corrections at calculating temperatures and precipitation in the reserve, using the data from nearby weather stations.*

**Keywords:** *Komsomolsky Nature Reserve, raster maps, air temperature, precipitation, Lower Amur Region.*