

## Северо-восток Азии как температурная гиперзона и ее изменения за последние 60 лет

### Сообщение 1. Температурный режим теплого сезона на северо-востоке Азии

А.В. Алфимов\*, Д.И. Берман

Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан, Россия

\*arcalfimov@gmail.com

**Аннотация.** Изучено распределение на северо-востоке Азии 15 показателей теплообеспеченности, широко используемых в экологии, по данным 97 метеостанций за 1931–1960 гг. Континентальная часть и Охотское побережье были неразличимы по температурам мая ( $-0,5...2,5$  °С) и датам схода снега (14.05–25.05). Варьирование еще 9 показателей в тех же субрегионах совпадало в разной мере. Более других (на 70–75 %) перекрывались диапазоны сумм температур выше 0 и 5 °С и дат перехода температур через 0 °С весной. Общие части названных диапазонов составляют 1130–1330 °С, 1066–1290 °С и 9–18.05 соответственно. Средние температуры июля и даты перехода температур через 10 °С характеризуют континентальные районы как более теплые, чем побережье, а число дней с температурой выше 0 °С и длительность периода без снега – как более холодные. Почти весь горно-лесной пояс северо-востока Азии, сформированный лиственничными редколесьями и рединами, а также зарослями кедрового стланика, в теплый сезон можно считать единой температурной гиперзоной. Однообразие ландшафтов связано как с малыми градиентами теплообеспеченности, так и с высокой экологической резистентностью доминантов растительного покрова.

**Ключевые слова:** гиперзона, температуры воздуха, теплый сезон, редколесья, северо-восток Азии.

**Благодарности.** Исследование поддержано Российским фондом фундаментальных исследований (проект 19–04–00312а).

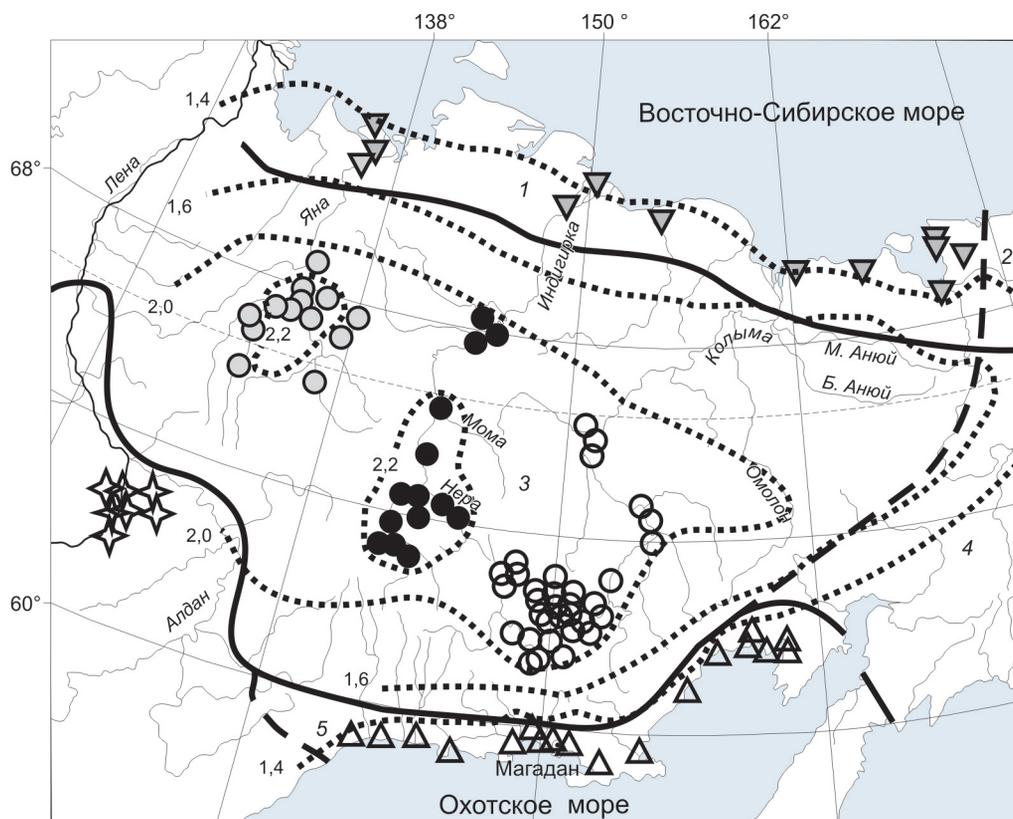
### Введение

Климатическая оценка условий обитания биоты, отдельных ее групп и видов – важный элемент экологических исследований. Однако привязка района исследований к метеостанции (м/ст) не всегда возможна, а районирование, базирующееся на годовом ходе температур и увлажнения, может затушевать важные особенности климата.

Подобная ситуация складывается, например, при описании растительности северо-востока Азии. Классификации, основанные на ее связи с климатом [1], учитывают ход зимних и летних температур, твердых и жидких осадков, рассчитанные на их основе различные индексы, что позволяет выделить в арктическом, субарктическом и умеренном поясах большое число подразделений растительности разного ранга. Однако такой подход маскирует основную особенность этой территории: доминирование в горно-лесном поясе различных вариантов редколесий и реди-

из лиственницы (*Larix cajanderi*) и зарослей кедрового стланика (*Pinus pumila*). Климат горных тундр, расположенных выше 1000–1200 м н. ур. м. в континентальной части региона и выше 600–650 м на побережье Охотского моря, подобен климату зональных тундр Чукотки [2]. Слабая обеспеченность данными по климату (4–5 станций в континентальных районах и ни одной – в приморских) не позволила включить эти территории в анализ. Для оценки вклада климата в формирование ландшафтного однообразия было проанализировано распределение теплообеспеченности – одного из главных факторов дифференциации биоты в северных регионах.

Сведения более чем 180 метеостанций [3, 4] позволяют оценить варьирование показателей теплообеспеченности не только в целом по северо-востоку Азии, но и в его частях, относящихся к разным климатическим областям (рис. 1). Среди них – наиболее контрастные по условиям теплообеспеченности Охотское и Арктическое по-



**Рис. 1.** Климатическое районирование северо-востока Азии [5], континентальность климата и положение м/ст, данные которых используются.

Жирные линии – границы климатических поясов, штриховые – областей, пунктирные – изолинии коэффициента континентальности [6]. 1 и 2 – сибирская и тихоокеанская области арктического пояса, 3 и 4 – субарктического, 5 – тихоокеанская область умеренного пояса. М/ст на побережьях – треугольники: на Арктическом – залитые, на Охотском – не залитые; м/ст в бассейнах рек – кружки: Колымы – не залитые, Индигирки – черные, Яны – серые; м/ст в бассейне Лены – звездочки.

**Fig.1.** Climatic regions of north-east of Asia [5], continentality of climate and location of w/s used in work.

Bold lines – boundaries of climatic zones, dashed lines – of climatic regions, dotted lines – climate continentality isolines [6]. Siberian and Pacific regions of the arctic (1, 2) and subarctic (3, 4) zones. Pacific region of the temperate zone (5). W/s at coasts – triangles: the Arctic – filled, the Okhotsk – empty; w/s in river basins – circles: Kolyma – empty, Indigirka – black, Yana – grey; w/s in Lena basin – asterisks.

бережья и континентальная часть – бассейны верховий Колымы, Индигирки, Яны.

Особенности используемого нами подхода состоят в следующем. Описания климата построены не на данных отдельных метеостанций, а на диапазонах показателей, полученных для групп метеостанций, характеризующих выделенные регионы северо-востока Азии. Данные метеостанций зависят не только от факторов, закономерно изменяющихся в пространстве, таких как широта, высота над уровнем моря, степень океаничности–континентальности, но и от местных особенностей (закрытость горизонта, роза ветров, положение на мезорельефе и т. п.). Несмотря на стандартные требования к расположению станций, эти особенности нельзя исключить полно-

стью, и они вносят свой вклад в формирование местных климатов. Между тем, влияние на локальную биоту оказывают именно местные климаты, а на биоту обширной территории – их совокупность, которая отражена в диапазоне данных метеостанций. Он заведомо уже рамок, в которых варьируют местные климаты, так как не учитывает, например, изменений температур воздуха на склонах южной и северной экспозиции. В целом же принятый нами подход позволяет описать теплообеспеченность разных частей северо-востока Азии полнее, чем это можно сделать, используя данные отдельных метеостанций.

Вторая особенность подхода – выбор индикаторов из множества имеющихся. В базовом источнике [3, 4] условия теплообеспеченности

северо-востока Азии описаны более чем 50 показателями, но использовались лишь имеющие очевидное экологическое значение и представленные для большинства станций. Этим условиям не отвечают, например, суточные амплитуды и число дней с температурами в указанных пределах, которые рассчитаны менее чем для трети станций. Не использовались также суммы температур выше 15 °С, отмечаемые лишь на отдельных участках долин Колымы, Индигирки и Яны, лежащих ниже 500 м н. ур. м. Даты перехода через 0, 5 и 10 °С осенью не рассматривали, так как их вклад в фенологию меньше, чем вклад дат перехода через те же рубежи весной [7, 8].

На половине арктических и 20 % станций в бассейнах Яны и Индигирки интервал между последним весенним и первым осенним заморозком чаще чем в половине лет наблюдений был короче 30 сут., что интерпретируется как отсутствие периода без мороза [3]. Для подобных станций мы приняли его длительность равной 20 сут., что, вероятно, близко к реальности [9]. Способ оценки дат начала и конца периода без мороза для таких станций нами не найден, поэтому названные даты не рассматривались. По названным условиям было отобрано 15 показателей теплообеспеченности (табл. 1).

Наиболее полный корпус сведений по климату региона содержит данные, полученные до 1961 г. [3, 4]. Сеть наблюдений на северо-востоке Азии формировалась поздно, ряды, имевшие разную длину, по специальной методике были приведены к периоду 1931–1960 гг. В издании, обобщившем результаты наблюдений до 1980 г. [10], исключены две трети станций и такие важные для биоты показатели, как суммы температур выше 0, 5, 10 и 15 °С, число дней с названными температурами и т.п. Тем самым данные за 1931–1960 гг. до сих пор служат самой полной базой для анализа дифференциации климата северо-востока Азии. В ходе глобального потепления к началу XXI в. сложилась картина, отличная от базовой, но описать ее предложенным методом невозможно, так как в конце XX в. сеть станций была резко сокращена. Этой теме посвящено отдельное сообщение.

Задача работы – анализ распределения на северо-востоке Азии показателей теплообеспеченности, широко применяемых в экологических исследованиях, и оценка их роли в формировании ландшафтной картины региона.

## Материалы и методика

Работа построена на сравнении условий теплого сезона в субрегионах, занимающих большую часть северо-востока Азии, сходных по характеру господствующих ландшафтов (среднегорье с листовенными рединами и редколесьями с кедровым стлаником), но расположенных в разных климатических поясах.

Это Охотское побережье с тихоокеанским климатом умеренного пояса и бассейны верховий крупнейших рек: Яны, Индигирки и Колымы, которые относятся к континентальному сектору субарктического пояса (см. рис. 1). Для названных территорий обсуждаются данные станций, расположенных в поясе редколесий, ниже 800 м н. ур. м.; выше, в горных тундрах, падает континентальность климата и условия теплого сезона аналогичны таковым в зональных тундрах [2]. Для представления обо всем диапазоне условий теплого сезона в анализ включены данные станций арктического пояса, находящихся на побережье морей Северного Ледовитого океана.

Границы субрегионов выбраны таким образом, чтобы данные находящихся в их пределах станции наиболее ярко отражали особенности климата. Например, теплообеспеченность в основном равнинного побережья Арктики описана данными пунктов, лежащих не далее 40–50 км от берега, а условия Охотского побережья, где преобладает горный рельеф, сужающий зону влияния моря, – только береговыми. Число станций варьировало от 9 на Арктическом побережье до 34 в бассейне верховий Колымы.

Мерой межгодовых колебаний показателей служило стандартное отклонение (SD) среднеемноголетних значений [11], мерой однородности территорий – отсутствие значений, выходящих за пределы доверительного интервала 99%-й вероятности [12]. Материалы наблюдений за отдельные годы получены на электронных ресурсах [13, 14].

## Результаты и обсуждение

### *Распределение показателей теплообеспеченности между субрегионами*

**Средние температуры первого теплого месяца, даты перехода температур через 0 °С и даты схода снега** описывают важный фенологический рубеж – начало теплого сезона. В бассейнах трех названных рек даты перехода через 0 °С варьируют в пределах 7–8 сут.: с 9–10 по 15–

**Варьирование показателей теплообеспеченности в выделенных субрегионах  
(данные за 1931–1960 гг. [3, 4])**

Table 1

**Variation of heat supply indicators in selected subregions (data for 1931–1960 yy. [3, 4])**

Показатель Indicator		Континентальные районы Continental regions (1)	Побережье Coast of the sea		Общая часть диапазонов, % Common part of ranges, %		
			Охотское Okhotsk (2)	Арктическое Arctic ocean (3)	1–2	2–3	1–3
Средняя температура, °С Mean temperature, °С.	Май–июнь <sup>1</sup> May–June	–1,7...2,6	–0,6...1,9	1,9...5,2	100	–	16
	Июль/July	13,1...15,5	11,0...13,0	4,9...9,5	–	–	–
Минимальная температура июля, °С Minimum temperature in July, °С		–2,7...3,0	0...5	–2,0...0,0	60	–	100
Суммы температур выше, чем... °С Sums of temperature. above..., °С	0	1133...1443	1077...1315	390...710	76	–	–
	5	1060...1375	965...1228	108...618	63	–	–
	10	754...1157	534...861		33	–	–
Дни с температурой выше чем..., сут Days with temperature. above..., day	0°	123...139	140...155	100...118	–	–	–
	5°	97...112	103...118	21...75	60	–	–
	10°	61...82	39...69		38	–	–
Даты перехода температур через..., дд.мм Temperature transition dates after..., dd.mm	0°	9.V...21.V	6.V...18.V	25.V...8.VI	75	–	–
	5°	20.V...30.V	29.V...12.VI	13.VI...15.VII	10	–	–
	10°	1.VI...16.VI	25.VI...8.VII		–	–	–
Даты схода снега, дд.мм Snow cover loss date, dd.mm		12.V...27.V	11.05...28.05	23.V...12.VI	100	29	24
Период, сут Period, day	без снега snowless	128...150	153...187	104...132	–	–	–
	без мороза frost free	26...86	56...111	20...48	55	–	79

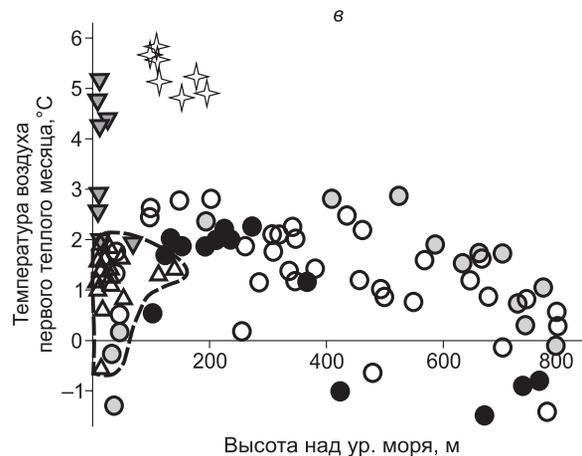
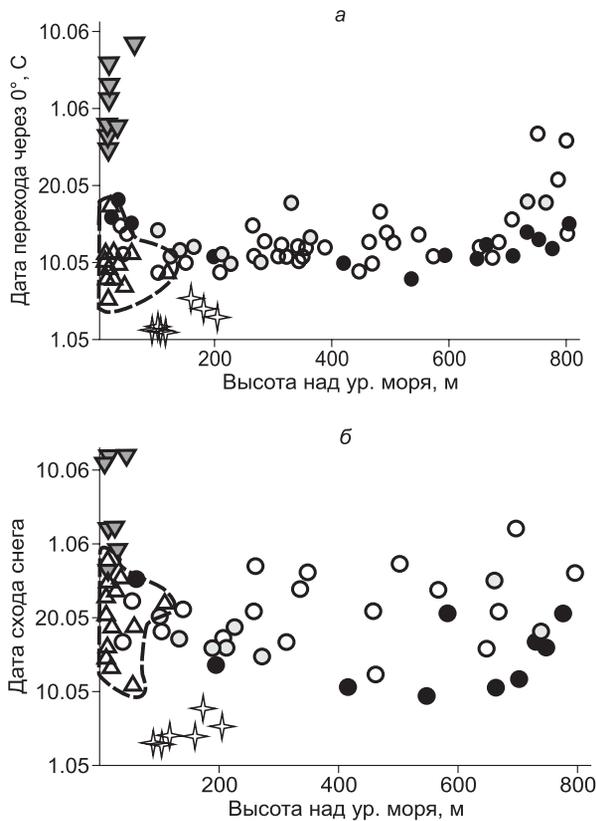
*Примечание.* Первый теплый месяц на арктическом побережье – июнь, в остальных субрегионах – май; прочерк – отсутствие общих частей в диапазонах.

*Note.* The first warm month on the Arctic coast is June, in other subregions – May; dash – absence of common parts in the ranges.

16 мая (рис. 2, а). На Охотском побережье, при таком же варьировании дат, теплый сезон наступает в среднем на 3–4 сут. раньше, а на арктическом – на 10–12 дней позже, чем в континентальных районах. Лишь на двух станциях на водоразделе Колымы и Индигирки, на высотах, близких к 800 м н. ур. м., теплый сезон наступает в те же сроки, что и на самых теплых участках арктического побережья.

Средние температуры мая, первого теплого месяца на большинстве станций в бассейнах Ко-

лымы, Индигирки, Яны и на Охотском побережье, варьируют от 0,5 до 2,5 °С (рис. 2, б). Они отрицательны (–0,2...–1,9 °С) лишь на трех-четырех станциях в верховьях названных рек и единственной станции Охотского побережья (Ямск). В первой декаде мая Охотское побережье теплее континентальных районов на 1,5–1,9 °С, температуры второй декады неразличимы, а третья теплее на 2,5–2,9 °С уже в бассейнах Колымы, Яны и Индигирки [10]. Иными словами, сходство средних температур мая определяется более



**Рис. 2.** Показатели начала теплого сезона. Здесь и далее данные за 1931–1960 гг. [3, 4].

Для наглядности показатели Охотского побережья обведены штриховой линией. Остальные обозначения см. рис. 1.

**Fig. 2.** Indicators of the beginning of a warm season. Hereinafter dates for 1931 – 1960 yy. [3, 4].

Indicators of Okhotsk sea coast are outlined by a dashed line. For others designation see Fig. 1.

ранним переходом температур через 0 °С на побережье и более быстрым ростом в континентальной части. На арктическом побережье температуры переходят через 0 °С в конце мая–начале июня, когда солнце не скрывается за горизонт. Поэтому первый теплый месяц здесь июнь, когда на некоторых участках побережья температуры на 2,0–2,5 °С выше, чем на самых теплых станциях верховий Колымы и Индигирки в мае.

Даты схода снега определяются на метеостанциях визуально, поэтому могут экстраполироваться лишь на небольшие территории. Сильные ветры перераспределяют снежный покров не только на побережьях, но и в верхней части пояса редколесий континентальных районов [2], поэтому окрестности станций могут оказаться как мало-, так и многоснежными. В результате даты схода снега в каждом из субрегионов варьируют в пределах 15–20 сут. (рис. 2, в). В рамках всего региона они формируют континуум, в котором ранние даты (начало второй декады мая) отмечаются в верховьях Индигирки, а самые поздние (начало второй декады июня) – на арктическом побережье.

Средняя температура и средние из абсолютных минимумов самого теплого месяца описывают условия на пике лета. На Арктиче-

ском побережье и в континентальных районах самый теплый месяц – июль, на большей части Охотского побережья температуры июля и августа одинаковы, и лишь на четырех самых западных станциях август теплее июля на 1–2 °С (рис. 3, а). Наиболее высокие температуры отмечаются в континентальных районах, хотя на их северной и высотной границах они не выше, чем на самых теплых участках Охотского побережья. Побережье Арктики холоднее континентальных районов почти вдвое (7,5–8,5 и 13,5–15,5 °С соответственно).

Формирование абсолютных минимумов зависит как от макро-, так и от местного климата. На равнинном побережье Арктики похолодания связаны с обширными вторжениями холодного морского воздуха, поэтому диапазон минимумов на большой территории составляет лишь 2,0 °С. На Охотском побережье и в континентальных районах велика роль горного рельефа, задерживающего ночной сток холодного воздуха в долинах и котловинах. Поэтому диапазон минимумов здесь в 2,5–3 раза шире, чем на Арктическом побережье (рис. 3, б). На отдельных станциях в долинах Яны и Индигирки средние из абсолютных минимумов в июле составляют –3 °С, что на 1 °С ниже, чем на побережье Арктики.

Переход температур через 5 и 10 °С на северо-востоке Азии приходится на конец мая–июнь (рис. 4, а, б). Чем выше порог температур, тем

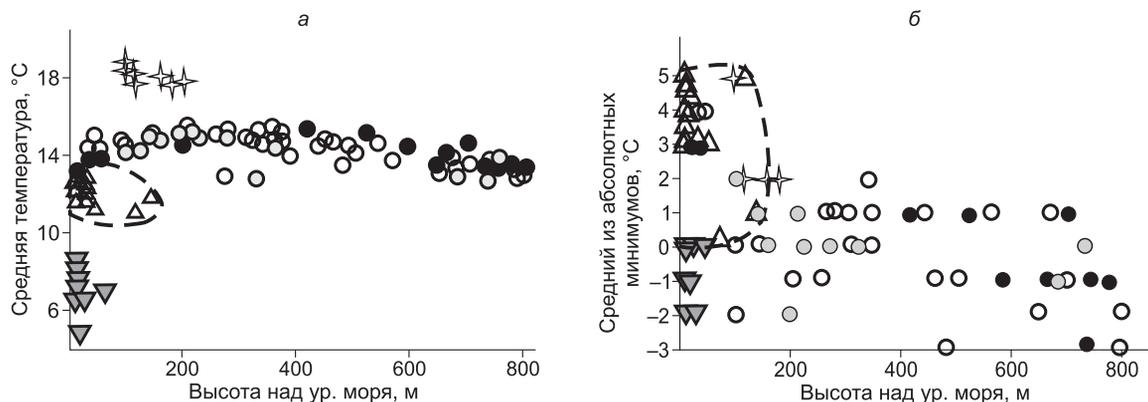


Рис. 3. Показатели пика теплого сезона.

На Охотском побережье самый теплый месяц июль или август, в остальных субрегионах – июль.

Fig. 3. Indicators of a warm season peak.

At the Okhotsk coast the warmest months are July or August, in other subregions – July.

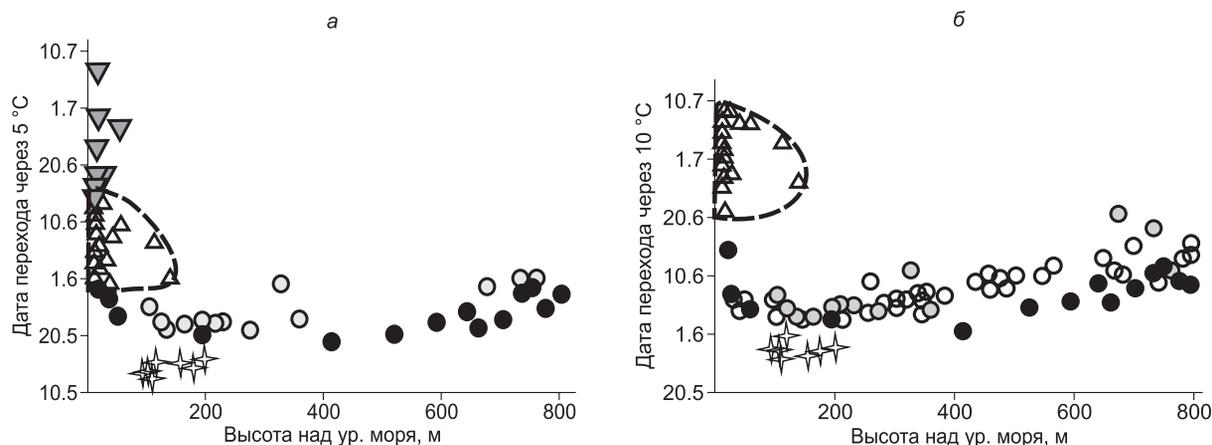


Рис. 4. Даты перехода температур через 5 и 10 °С.

Fig. 4. Dates of temperatures transition after 5 and 10°C .

больше различия между выделенными субрегионами: даты перехода через 0 °С в континентальных районах и на Арктическом побережье различаются на 15–18 сут., а через 5 °С – уже на 25–30 сут. Период же с температурами выше 10 °С на Арктическом побережье отсутствует.

Ярче всего связь дат перехода температурного порога и его высоты проявляется в паре континентальные районы–Охотское побережье. Температуры на побережье переходят через 0 °С на 3–4 дня раньше, 5 °С они достигают на 10–15 сут. позже, а 10 °С – уже на 20 сут. позже

**Суммы температур выше 0, 5 и 10 °С и время их регистрации** – самые распространенные оценки теплого сезона (рис. 5). Континентальные районы и Охотское побережье по суммам выше 0 и 5 °С весьма похожи, различия между

ними статистически достоверны лишь для сумм выше 10 °С. Арктическое побережье холоднее названных субрегионов в 2–2,3 раза.

Время, в течение которого регистрировались названные температуры, различается меньше, чем их суммы. Наибольшие различия отмечены для числа дней с температурами выше 0 °С, а длительность периодов выше 5 °С на Охотском побережье и в континентальных районах одинакова.

**Длительность безморозного и бесснежного периодов** одни из самых изменчивых показателей теплообеспеченности (рис. 6, а, б). На Охотском побережье оба периода длятся почти на месяц дольше, чем в остальных субрегионах. В верховьях Индигирки, Яны и Колымы число дней без мороза не превышает 86, на побережье

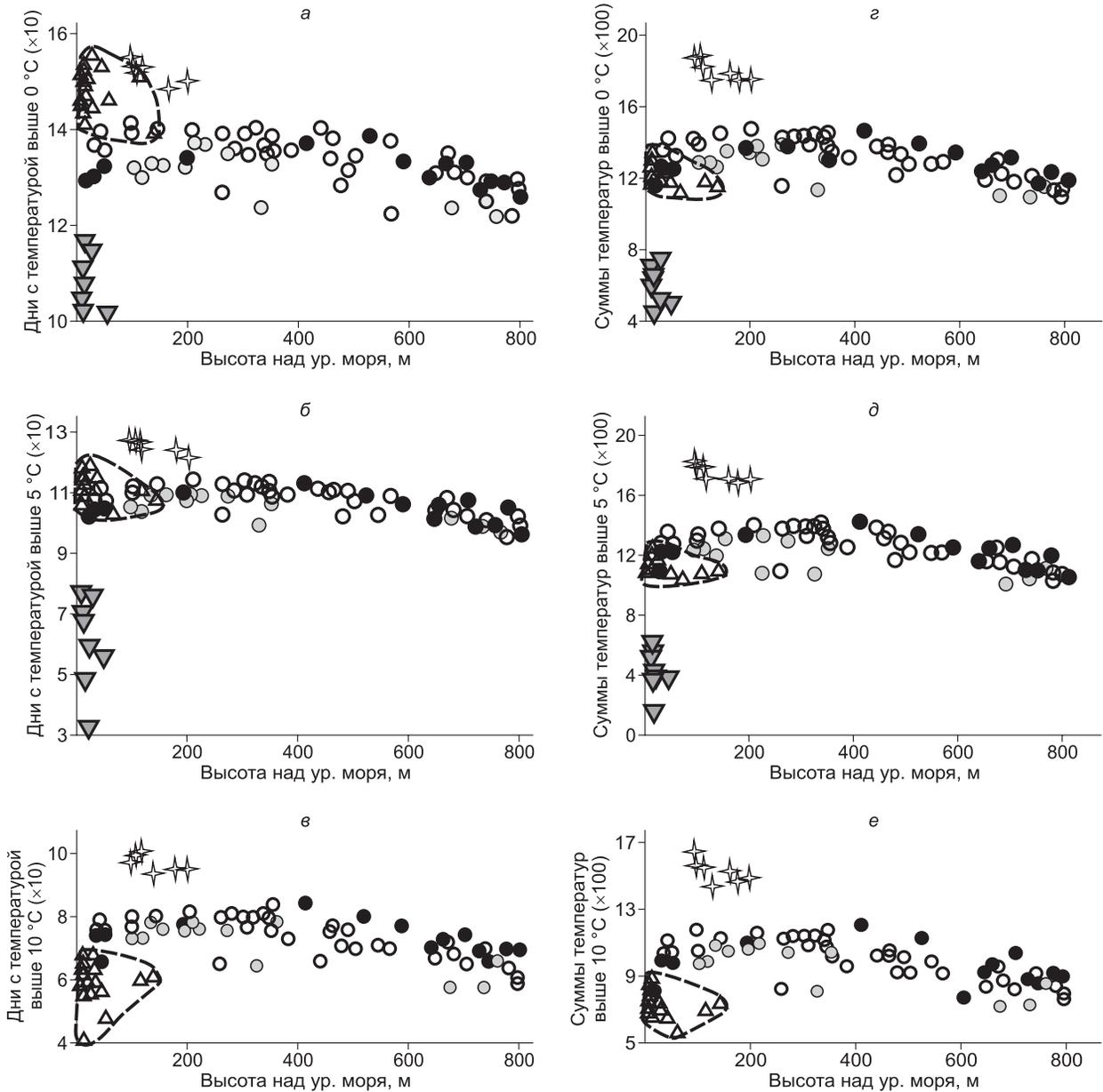


Рис. 5. Временные (а, б, в) и температурные (г, д, е) показатели теплообеспеченности за сезон.

Fig. 5. Temporal (a, б, в) and temperature (г, д, е) indicators of warm season.

Арктики – 50, а наименьшая длительность и там, и там не достигает месяца. Краткость периода без мороза в долинах названных рек определяется большой суточной амплитудой температур (12–15 °С): поздней весной и ранней осенью ночами они могут опускаться ниже 0 °С даже при высоких дневных значениях [2, 3]. На Арктическом побережье, где суточные амплитуды в 1,5–2,0 раза ниже, к тому же результату приводят ветры северных румбов, связанные с прохождением циклонов.

На Охотском побережье разница между максимальной и минимальной длительностью бесснежного периода составляет 37 сут., что в 3–4 раза больше диапазона длительности теплого сезона, и в 6–7 раз превосходит диапазон периода без мороза.

Время отсутствия снежного покрова – единственный из индикаторов, не имеющий даже слабой связи с высотой. И на высотах более 600 м н. ур. м. в верховьях Колымы, и на отметках 300–400 м н. ур. м. в многоснежных районах

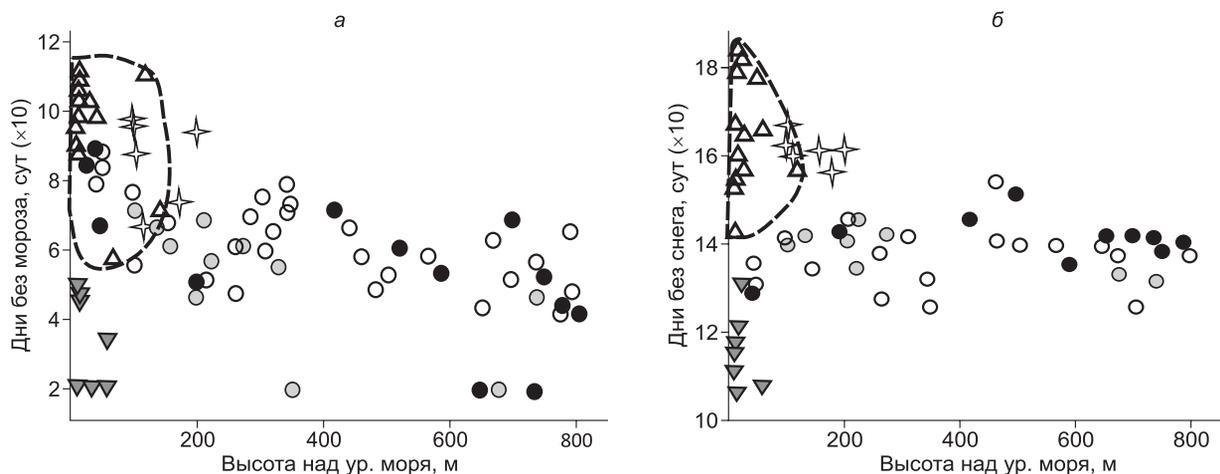


Рис. 6. Длительность периодов без мороза и без снега.

Fig. 6. Duration of frost-free and snowless periods.

при выходе Колымы из гор поверхность почвы открыта солнцу столько же времени, как на самых теплых участках Арктического побережья.

*Варьирование теплообеспеченности в пределах субрегионов*

На Охотском побережье интервал широт между самой северной и самой южной из рассматриваемых станций составляет 2,5 °; на арктическом – 3,5 °; в бассейнах Яны, Индигирки и Колымы он достигает 3–5 °, а диапазон высотных отметок 700–750 м. Однако в каждом из субрегионов максимальные и минимальные значения показателей (исключение – температуры мая на побережьях) не выходят из доверительного интервала 99%-й вероятности, что позволяет считать территории однородными [12].

Выравнивание условий теплообеспеченности обеспечивается разными механизмами. На побе-

режьях это влияние морей, температура которых не меняется в рассматриваемых интервалах широт. В Охотском море стабилизации температур воды способствуют течения, направленные вдоль берега [15]. Убывание теплообеспеченности с широтой в континентальных районах невелико благодаря тому, что абсолютная высота местности к северу уменьшается и высотный и широтный градиенты температур (для сумм выше 0 °С они составляют 150 °С на градус широты и 0,50–0,70 °С на 100 м высоты [3,16]) в большой степени нивелируют друг друга (рис. 7). Связь высоты и теплообеспеченности проявляется лишь в горных верховьях Индигирки, Яны и Колымы на отметках выше 400–500 м н. ур. м.

*Колебания теплообеспеченности в теплые и холодные годы*

Принято считать, что в очень теплые и очень холодные годы показатели теплообеспеченности могут отличаться от средних многолетних значений ( $M$ ) на 2SD, а в экстремальных случаях – на 3SD (табл. 2). Размер этих отклонений велик, в отдельные годы они могут нивелировать различия даже между Арктическим и Охотским побережьями. На наиболее теплых арктических станциях в теплом июле ( $M + SD$ ) температура должна составлять 10–11 °С, т. е. столько же, сколько в холодном ( $M - SD$ ) июле на берегу Охотского моря. При более сильных отклонениях ( $M \pm 2SD$ ) даже суммы температур выше 0 °С на тех же арктических станциях будут выше, чем в Охотоморье (950–1000 и 900–950 °С соответственно). По многолетним данным, указанные сум-

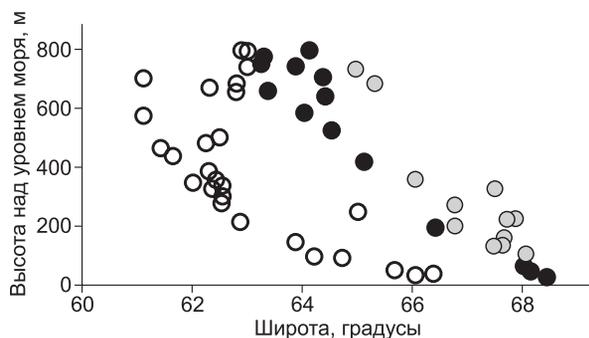


Рис. 7. Высота над уровнем моря и широта расположения м/ст в бассейнах Яны, Индигирки и Колымы.

Fig. 7. Elevation and latitude of w/s in basins of Yana, Indigirka and Kolyma rivers.

**Межгодовые колебания (SD) характеристик теплого сезона  
(данные за 1931–1960 гг. [11])**

Table 2

**Interannual fluctuations (SD) of a warm season indicators (data for 1931–1960 [11])**

Показатель Indicator		Бассейны верховий рек Watersheds of river upstream			Побережья Coastline of the seas	
		Яны Yana	Индиgirки Indigirka	Колымы Kolyma	Охотское Okhotsk	Арктическое Arctic ocean
Средняя температура, °С Mean temperature in, °С	Май /May	2,3	2,3–2,8	2,3–2,7	1,0	2,5–3,0
	Июль/July	2,1	1,4–1,7	1,5–1,8	0,8–1,1	1,8–2,1
Суммы температур выше, чем..., °С Sums of temperature. above..., °С	0	132	88	79	119	119
	5	–	–	84	125	–
	10	204	121	113	175	67
Дни с температурой выше чем..., сут Days with temperature. above..., day	0°	5,9	8,1	6,6	8,0	7,9
	5°	–	–	7,8	8,5	–
	10°	13,1	9,5	8,0	12,3	6,9
Даты перехода температур через..., сут Temperature transition dates after..., day	0°	4,2	6,2	5,4	3,8	5,0
	5°	–	–	6,0	5,5	–
	10°	6,2	8,4	6,0	7,8	8,5
Дата схода снега, сут Snow cover loss date, day		8,2	–	9,9	10,5	–
Период, сут Period, day	без снега /snowless	17,0	9,0	9,4	13,3	–
	без мороза /frost free	9,7	–	15,4	13,5	–

*Примечание.* Значения SD приведены по данным м/ст: бассейн верховий Яны – Верхоянск; Индигирки – Дружина, Усть-Мома, Оймякон-аэропорт; Колымы – Коркодон, Аркагала, Среднекан, Сусуман; Охотское побережье – бух. Нагаева, Ола, Ямск; арктическое – Казачье, Амбарчик. Прочерк – отсутствие данных.

*Note.* SD values are given according to w/s data: upper Yana basin – Verkhoyansk, upper Indigirka basin – Druzhina, Ust-Moma, Oymyakon-airport; upper Kolyma basin – Korkodon, Arkagala, Srednekan, Susuman; Okhotsk area – Nagaeva bay, Ola, Yansk; Arctic coast – Kazach'e, Ambarchik. Dash – lack of data.

мы могут отклоняться на SD раз в 10–20 лет [3], вероятность наступления больших отклонений существенно ниже. Однако, за 2005–2020 гг. дважды (в 2007 и 2015 гг.) на двух арктических станциях ( Чаун и Певек) июль был на 2,5–5 °С теплее, чем на Охотском побережье (м/ст бух. Нагаева) [14]. В 2007 г. бух. Нагаева уступала Чауну даже по суммам температур выше 0 °С (1350 и 1510 °С соответственно).

В отдельные годы меняют знак даже фундаментальные климатические различия, такие как разность температуры июля в континентальных районах и на Охотском побережье. В 1947 г. на самой теплой станции верховий Колымы (Сеймчан, 206 м н. ур. м.) температура июля была ниже нормы на 1,9SD, а в бух. Нагаева – выше на 1,6SD, при этом они составили 12,4 и 12,8 °С соответ-

ственно [13]. В верхней части пояса редколесий того же региона (м/ст Сусуман, 649 м н. ур. м.) температура июля была ниже, чем на Охотском побережье, 17 раз за 81 год наблюдений.

Для ряда субрегионов различия средних многолетних значений показателей сравнимы с величиной их SD. В верховьях Индигирки и Колымы средние даты схода снега различаются на 6 сут., что меньше SD этих величин. Такое же соотношение характерно и для дат перехода через 10 °С: средние даты разнятся на 3–5 сут, а SD составляет 6–8 сут.

При сходстве среднемноголетних показателей континентальных районов и побережья большие отклонения могут существенно изменять ситуацию. Наибольшие отрицательные отклонения температур мая за период с 1937 по 2018 г.

на м/ст Сусуман и бух. Нагаева составили  $-1,5SD$  (1948 г.) и  $-1,8SD$  (1968 г.), а сами температуры  $-2,6$  и  $-0,7$  °С соответственно [13]. Влияние указанных различий на экосистемы оценить трудно, но, например, для перелетных птиц такая ситуация может оказаться важна.

*Северо-восток Азии  
как температурная «гиперзона»*

Таким образом, в пяти наиболее климатически контрастных субрегионах северо-востока Азии диапазоны большинства индикаторов теплообеспеченности совпадают в разной степени (см. табл. 1). В частности, бассейны верховий Колымы, Индигирки и Яны, несмотря на различие широты и средней высоты над уровнем моря, идентичны друг другу по всем рассмотренным показателям.

От Охотского побережья названные районы неотличимы по температуре мая и датам схода снега, а перекрытие еще 9 индикаторов варьирует от 10 до 76 %. Безусловно различны 4 из 15 рассмотренных показателей (температуры июля, даты перехода через 10 °С, длительность теплого и бесснежного периодов), которые иллюстрируют классическое различие морского и континентального климатов: в первом в разгар лета температуры ниже, но теплый период длиннее, чем во втором.

Ранжировать индикаторы по их экологической роли трудно, так как на разные группы организмов (и даже на отдельные виды) влияют разные показатели. Возможна лишь самая общая оценка вклада различающихся показателей в условия существования биоты. У двух из них (длительности теплого и бесснежного периодов) различия формируются осенью за счет более позднего установления снежного покрова и перехода температур через 0 °С на побережье. Как отмечено выше, связь этих событий с фенологией много слабее, чем у дат схода снега и начала теплого сезона [7, 8].

Различие двух других индикаторов (дат перехода температур через 10 °С в фазе роста и температур июля) важно, так как описывает пик теплого сезона в континентальных районах как более благоприятный для биоты. Однако, ресурс активных температур чаще оценивается по их суммам выше 10 °С за сезон, диапазоны которых в континентальных районах и на Охотском побережье перекрываются на треть. Такое соотношение говорит о сходстве условий в двух частях гиперзоны даже в середине теплого сезона.

Наконец, 4 из 15 показателей наиболее холодной части северо-востока Азии – Арктического побережья частично совпадают с диапазонами тех же показателей в других субрегионах (см. табл. 1). Больше других схожи июльские минимумы температур, варьирование которых не выходит за рамки, характерные для бассейнов Яны, Индигирки и Колымы.

Необычное распределение теплообеспеченности на северо-востоке Азии обязано уникальности его расположения. Соседство с востока и юга с холодными морями, активная циклоническая деятельность и горы в южной части понижают температуру воздуха на юге и в центре региона, что маскирует влияние Арктики и формирует на большей его части малые, а у ряда показателей – инверсионные широтные градиенты.

Выравниванию теплообеспеченности способствует также высокая мезоклиматическая изменчивость показателей в континентальных районах. В верховьях Колымы различия сумм температур выше 0 °С между днищем долины, где обычно располагаются метеостанции, и склонами северной и южной экспозиций могут составлять  $\pm 6-7$  %, а различия сезонных минимумов 0,9–1,0 °С [17]. Суточные амплитуды температур воздуха от днища долины к водоразделам могут убывать с градиентом 4,5 °С на 100 м высоты, а длительность периода без мороза – возрастать на 20 сут. [2, 18]. Таким образом, действие местных факторов увеличивает диапазоны названных, а, вероятно, и всех обсуждаемых показателей в каждом субрегионе, как в теплую, так и в холодную сторону. В результате перекрытие условий теплообеспеченности между континентальными районами и побережьем для сумм температур выше 0 °С возрастает в 1,2 раза (с 76 до 93 %), для минимальных температур – в 1,3 раза (с 66 до 80 %), а для длительности периода без мороза – в 1,6 раза (с 55 до 90 %).

Подводя краткий итог, отметим, что по широкому кругу показателей теплообеспеченности большую часть горно-лесного пояса северо-востока Азии в теплый сезон можно считать однородной областью или «гиперзоной». На юге она ограничена побережьем Охотского моря, на севере – не доходит 60–100 км до побережья Арктики. По большинству характеристик к ней относятся также долины Колымы, Индигирки, Яны и их притоков ниже 400–500 м н. ур. м. Эти долины отличаются от остальной части гиперзоны лишь в пик теплого сезона: в течение 20–25 сут. здесь

держится температура более 15 °С, что поднимает суммы температур выше 10 °С до 1100 °С.

Определение восточной границы гиперзоны представляет собой отдельную задачу. По одним показателям теплообеспеченности территории к востоку от бассейна Колымы (см. рис. 1) соответствуют Охотскому побережью, по другим – бассейнам верховий Яны, Индигирки и Колымы, по третьим – занимают промежуточное положение между континентальными районами и Арктическим побережьем [2, 3, 4].

Западная граница гиперзоны совпадает с принятой границей северо-востока Азии: по среднему течению Лены, находящемуся на одной широте с верховьями Индигирки и Колымы, теплообеспеченность много выше, чем в самых теплых частях долин этих рек (см. рис. 2–6).

Таким образом, в теплый сезон на северо-востоке Азии формируется зона протяженностью 8–9° широты, в которой градиенты большого числа индикаторов теплообеспеченности много меньше, чем у тех же показателей в том же интервале широт в других долготных секторах Евразии. От 60° с. ш. (Магадан) до 68° с. ш. (м/ст Верхоянск, Янск, Абый) температуры июля растут с 12–13 до 14–15 °С, а суммы температур выше 0 °С – с 1100–1200 до 1300–1350 °С. На «холодной» южной границе располагаются лиственничные редкостойные леса и редколесья, а на «теплой» северной – предтундровые редколесья [19], различия между которыми видны лишь специалистам.

В европейской части России в том же поясе широт те же показатели изменяются в 2–4 раза сильнее и с противоположным знаком: от 17–18 до 7–8 °С и от 2100–2150 до 800–850 °С, а границы (верховья Камы и побережье Баренцева моря) лежат в южной тайге и типичных тундрах. Важно отметить, что градиент теплообеспеченности при «нормальной» смене природных зон в этом, как и в других долготных секторах субарктических и арктических широт России, возрастает при приближении к побережью морей Северного Ледовитого океана на расстояние 250–300 км [5].

*Температурная гиперзона  
и ландшафтное районирование  
северо-востока Азии*

Подход к Охотскому побережью и бассейнам верховий Колымы, Индигирки и Яны как к температурной гиперзоне, казалось бы, подтверждается

весьма близкой растительностью фоновых ландшафтов пояса редколесий этих территорий. Однако названное сходство связано не только с выравниваемостью летних температурных условий.

Чрезвычайно важен состав доминантов древесных ярусов растительности (лиственница и кедровый стланик в разных сочетаниях). Господство лишь двух доминантов связано с их выдающейся экологической резистентностью, проявляющейся и в протяженности ареалов с севера на юг [20, 21], и в колонизации биотопов с резко различными режимами температур почв [22]. В тех случаях, когда большинство показателей температуры воздуха, измеряемой на высоте 2 м над поверхностью земли, неизменно, теплообеспеченность верхних слоев почвы, на которую влияет множество факторов (экспозиция, влажность, льдистость мерзлоты, сомкнутость растительности и т. д.), варьирует очень широко. В свою очередь, разнообразие условий в почве с лишевой компенсирует различия температур воздуха, возможные в пределах гиперзоны, что также ведет к выравниванию условий [23]. Подчеркнем, что сходство диапазонов теплообеспеченности верхних слоев почв в континентальной и приморской частях гиперзоны формируется на фоне различий мерзлотной обстановки, определяемой среднегодовыми температурами воздуха [24]. На побережье они составляют –3...–4 °С, и мерзлые породы имеют вид островов среди немерзлотных территорий. В континентальных районах, где среднегодовые температуры воздуха опускаются до –15...–17 °С, мерзлота повсеместна. Однако, наряду с ландшафтным единообразием существует ряд важных отличий растительности, позволяющих уверенно разделять северо-восток Азии на континентальную часть и побережья.

На Охотском побережье шире, чем в бассейнах верховий Колымы, Индигирки и Яны, распространены тундро- и лесотундроподобные ландшафты, формируемые не связанными с теплообеспеченностью факторами. К ним относятся более высокие суммы летних осадков, которые поднимают показатель увлажнения (ГТК Селянинова) до значений, обычных для перехода от зональных тундр к лесотундре, тогда как в континентальных районах они ближе к показателю лесной зоны [25]. На обширных морских террасах и в приустьевых расширениях долин велика роль сильных зимних ветров северных румбов. Они

удаляют снежный покров с выпуклых участков рельефа, уничтожая подрост лиственницы и способствуя формированию мерзлоты даже при среднегодовой температуре воздуха  $-3...-4$  °С.

Еще одно характерное отличие Охотского побережья от континентальной части – широкое распространение в непосредственной близости от береговой линии каменноберезняков (*Betula ertmani*), тогда как в континентальной части их ареал имеет черты реликтовости [26], что также, вероятно, не связано с температурным режимом теплого сезона.

Важная ландшафтная характеристика – подъем верхней границы леса от Охотского побережья (600–650 м н. ур. м.) к верховьям Колымы и далее к Индигирке (до 800–1000 и до 1200–1300 м н. ур. м. соответственно). Названные изменения не связаны с вертикальным градиентом летних температур [16, 17, 22], так как к температурному пределу лиственница приближается лишь в верховьях Индигирки [27]. Главная причина формирования верхней границы леса – зимние ветры: их скорость падает от побережья к верховьям Яны и Индигирки, над которыми располагается отрог Сибирского антициклона. Ветер губителен для выступающих из-под снега растений, т. е. имеющих высоту более 5–10 см на наветренных и 50–80 см на подветренных склонах.

В приморской и континентальной частях гиперзоны различаются площади ксероморфных сообществ. На побережье они редки и встречаются на малоснежных склонах южной экспозиции; реликтовых степных видов беспозвоночных животных на них не найдено. В верховьях Колымы площади термофитных сообществ на южных склонах растут, появляются степные и лугово-степные виды растений и беспозвоночных. Наконец, в бассейне Индигирки термофитные сообщества становятся важным элементом ландшафта, а число реликтовых степных видов растений и животных – максимальным для северо-востока Азии. Названные степи приурочены к долинам крупных рек на высотах не более 500–600 м н. ур. м., где в течение 3–4 дек. среднесуточные температуры превышают 15 °С.

Таким образом, кедрово-стланиковые заросли и лиственничные редколесья в силу широкой резистентности доминантных видов и шлейфа видов-спутников, с одной стороны, и выровненных на огромном пространстве температурных условий, с другой, формируют гигантскую ландшафтную гиперзону.

## Заключение

Соседство с востока и юга с холодными морями, характер рельефа и циклоническая деятельность на большей части северо-востока Азии формируют небольшие широтные градиенты теплообеспеченности. Из 15 показателей в бассейнах верховий Колымы, Индигирки и Яны различаются только средние многолетние даты схода снега (что объясняется разным количеством зимних осадков) и перехода температур через 10 °С, причем различия этих показателей меньше, чем их межгодовая изменчивость.

Пояса редколесий в континентальной части и на Охотском побережье идентичны по датам схода снега и температурам мая. Эти показатели вместе с датами перехода температур через 0 °С (они совпадают на 75 %) свидетельствуют о значительном сходстве условий в начале теплого сезона в названных субрегионах. Длительность периода вегетации и суммы температур выше 5 °С в приморской и континентальной частях гиперзоны совпадают на 60–63 %, а интегральные показатели теплого сезона (суммы температур выше 0 ° и 10 °С) – на 76 и 33 % соответственно.

В наибольшей степени различаются индикаторы пика теплого сезона, коррелирующие между собой: средние и максимальные температуры июля и даты наступления температур выше 10 °С. Оценивая названные цифры, надо помнить, что они получены сравнением среднемноголетних данных метеостанций. Учет же вариаций местных климатов увеличивает перекрытие диапазонов и этих показателей теплообеспеченности.

Таким образом, существование гигантской ландшафтной гиперзоны, занятой лиственничными редколесьями и кедрово-стланиковыми зарослями, обязано как широкой валентности доминантных видов и немногочисленного шлейфа видов-спутников, так и условиям теплообеспеченности, выравненным на огромном пространстве. Отмеченные ландшафтные различия Охотского побережья и континентальных районов (выраженность ксероморфных и тундроподобных сообществ и каменноберезняков, высотное положение границы леса) не связаны с летними температурными условиями.

В гиперзону не входит холодная полоса, шириной около 60–100 км, примыкающая к арктическому побережью. Лишь 4 из 15 рассмотренных климатических характеристик этой территории частично совпадают с бассейнами верховий Яны, Индигирки, Колымы и Охотским побережьем.

Проведенный анализ подчеркивает, что при оценке условий обитания биоты на Охотском побережье и в континентальных районах северо-востока Азии следует обращать внимание не только на различия, но на сходство показателей их теплообеспеченности.

### Литература

1. Nakamura Y, Krestov P, Omelko A. Bioclimate and zonal vegetation in Northeast Asia: first approximation to an integrated study // *Phytocoenologia*. 2007. Vol. 37 (3–4). P. 443–470. DOI: 10.1127/0340-269X/2007/0037-0443/.
2. *Прикладной климатологический справочник Северо-Востока СССР* / Под ред. Н.К. Ключкина. Магадан, 1960. 400 с.
3. *Справочник по климату СССР*. Л.: Гидрометеоздат, 1966. Вып. 24, 25, 33. Ч. 2.
4. *Справочник по климату СССР*. Л.: Гидрометеоздат, 1968. Вып. 24, 25, 33. Ч. 4.
5. Алисов Б.П. Климат СССР. М.: МГУ, 1956. 127 с.
6. Иванов Н.Н. Пояса континентальности земного шара // *Изв. ВГО*. 1959. Т. 91, вып. 5. С. 410–423.
7. *Васьковский А.П.* Календарь природы Северо-Востока СССР. Магадан: Книжное изд-во, 1962. 64 с.
8. Синельникова Н.В., Пахомов М.Н. Сезонная жизнь природы Верхней Колымы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2015. 329 с.
9. Караушева А.И. Климат и микроклимат района Кодар–Чара–Удокан. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 129 с.
10. *Научно-прикладной справочник по климату СССР*. Л.: Гидрометеоздат, 1989–1992. Сер. 3. Вып. 24, 25, 33.
11. *Справочник по климату СССР*. Устойчивость и точность климатических характеристик. Л.: Гидрометеоздат, 1976. Т. 1. 388 с; Т. 2. 364 с.
12. Васнев С.А. Статистика. М.: МГУП, 2001. 170 с.
13. ВНИИГМИ-МЦД. Температура воздуха (Электронный ресурс). URL: <http://meteo.ru/data/156-temperatura> (дата обращения: 20.02.2019).
14. *Расписание погоды RP5* (Электронный ресурс). URL: [http://rp5.ru/arkhiv\\_pogody](http://rp5.ru/arkhiv_pogody) (дата обращения: 20.02.2019).
15. Морошкин К.В. Водные массы Охотского моря. М.: Наука, 1966. 66 с.
16. Васильев И.С., Васильев А.И., Торговкин Я.И. Суммы отрицательных и положительных значений температур воздуха и их картографирование на территории Якутии // *Метеорология и гидрология*. 2012. № 3. С. 35–45.
17. Алфимов А.В. Термический режим верхних слоев почв в экосистемах пояса редколесий бассейна Верхней Колымы // *Пояс редколесий верховий Колымы*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 9–29.
18. Алфимов А.В., Берман Д.И. Климат и микроклимат // *Холодные степи северо-восточной Азии*. Магадан: ИБПС ДВО РАН, 2001. С. 12–32.
19. *Атлас СССР* / Под ред. Л.Н. Месяцовой. М.: ГУГК, 1984. 256 с.
20. Vasilyeva G.V., Goroshkevich S.N. Crossability of *Pinus sibirica* and *P. pumila* with their hybrids // *Silvae Genetica*. 2013. Vol. 62, Iss. 1–6. P. 61–67. DOI: 10.1515/sg-2013-0008.
21. Abaimov A.P. Geographical distribution and genetics of siberian larch species // *Permafrost Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*. Dordrecht: Springer. 2010. Vol. 209. P. 41–58. DOI: 10.1007/978-1-4020-9693-8\_3.
22. Берман Д.И., Алфимов А.В., Мажитова Г.Г. Гидротермические условия существования основных компонентов экосистем северо-востока СССР // *Изв. АН СССР. Сер. геогр.* 1990. № 6. С. 15–28.
23. Алфимов А.В. Мерзлота и теплообеспеченность почв на северо-востоке Азии // *Вестник СВНЦ*, 2017. № 3. С. 63–72. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-2(124-131)
24. *Геокриология СССР*. Восточная Сибирь и Дальний Восток. М.: Недра, 1989. 515 с.
25. Берман Д.И., Алфимов А.В., Мажитова Г.Г., Прокопец М.Е. Роль ветра в дивергенции экосистем с мерзлотными и сезонномерзлыми почвами в северном Охотоморье // *Почвоведение*. 1998. № 5. С. 593–599.
26. Шемберг М.А. Береза каменная. Систематика, география, изменчивость. Новосибирск: Наука, 1986. 174 с.
27. Огуреева Г.Н. Структура высотной поясности растительности гор северо-востока Сибири // *География и природные ресурсы*. 1998. № 2. С. 5–11.

Поступила в редакцию 05.04.2021

Принята к публикации 23.08.2021

### Об авторах

АЛФИМОВ Аркадий Васильевич, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, 685000, ул. Портовая, 18, Магадан, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-6493-8183>, e-mail: [arcalfimov@gmail.com](mailto:arcalfimov@gmail.com);

БЕРМАН Даниил Иосифович, профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, 685000, ул. Портовая, 18, Магадан, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-2137-1324>, e-mail: [dberman@mail.ru](mailto:dberman@mail.ru).

Алфимов А.В., Берман Д.И. Северо-Восток Азии как температурная гиперзона и ее изменения за последние 60 лет. *Сообщение 1. Температурный режим теплого сезона на северо-востоке Азии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2021, Т. 26, № 4. С. 67–81. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-67-81>

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-4-67-81

## North-East of Asia as the temperature hyperzone and its alteration over the past 60 years

### *Communication 1. Temperature regime of a warm season in the North-East of Asia*

A.V. Alfimov\*, D.I. Berman

*Institute of Biological Problems of the North, FEB RAS, Magadan, Russia*  
\*arcalfimov@gmail.com

**Abstract.** Distribution of 15 warm season indicators, extensively studied in ecology over the North-East of Asia was studied based on the data from 97 weather stations (w/s) during the years from 1931 to 1960. The continental part of the North-East of Asia and the Okhotsk sea are indistinguishable by May temperature ( $-0,5...2,5^{\circ}\text{C}$ ) and the dates of snowloss (14.05–25.05). Variation of other 9 indicators in the same regions coincided to different extents. The ranges of temperature sums above  $0^{\circ}$  and  $5^{\circ}\text{C}$  and the dates of temperature transition over  $0^{\circ}\text{C}$  in spring coincided to a higher extent (by 70–75 %) than other parameters. The common parts of the named ranges are 1130–1330  $^{\circ}\text{C}$ , 1066–1290  $^{\circ}\text{C}$ , and 9–18.05, respectively. The mean July temperatures and the dates of temperature transition over  $10^{\circ}\text{C}$  characterize the continental areas as warmer than coastal ones, while the number of days with temperatures higher than  $0^{\circ}\text{C}$  and the duration of snowless periods characterize the continental areas as colder ones. Almost the entire mountain-forest belt of the North-East of Asia, which is dominated by open larch forest and dwarf pine communities, may be considered as a uniform temperature hyperzone during the warm season. The landscape monotony is explained by the weak gradients of heat supply and by the outstanding ecological resistance of the dominants of vegetation cover.

**Keywords:** hyperzone, air temperature, warm season, open woodland, North-East of Asia.

**Acknowledgements.** The research was carried out with support from the Russian Foundation for Basic Research (Project № 19–04–00312a).

### References

1. Nakamura Y., Krestov P., Omelko A. Bioclimate and zonal vegetation in Northeast Asia: first approximation to an integrated study // *Phytocoenologia*. 2007. Vol. 37 (3–4). P. 443–470. DOI: 10.1127/0340-269X/2007/0037-0443/.
2. *Prikladnoy klimatologicheskoy spravochnik Severo-Vostoka SSSR* /Pod red. N.K. Klyukina. Magadan, 1960. 400 p.
3. *Spravochnik po klimatu SSSR*. L.: Gidrometeoizdat, 1966. Vyp. 24, 25, 33. Ch. 2.
4. *Spravochnik po klimatu SSSR*. L.: Gidrometeoizdat, 1968. Vyp. 24, 25, 33. Ch. 4.
5. Alisov B.P. *Klimat SSSR*. M.: MGU, 1956. 127 p.
6. Ivanov N.N. Poyasa kontinentalnosti zemnogo shara // *Izv. VGO*. 1959. Vol. 91, Iss. 5. P. 410–423.
7. Vaskovskiy A.P. *Kalendar prirody Severo-Vostoka SSSR*. Magadan: Kn. izd-vo, 1962. 64 p.
8. Sinelnikova N.V., Pakhomov M.N. *Sezonnaya zhizn prirody Verkhney Kolymy*. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2015. 329 p.
9. Karasheva A.I. *Klimat i mikroklimat rayona Kodar–Chara–Udokan*. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 129 p.
10. *Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR*. L.: Gidrometeoizdat, 1989–1992. Ser. 3. Iss. 24, 25, 33.
11. *Spravochnik po klimatu SSSR. Ustoychivost i tochnost klimaticheskikh kharakteristik*. L.: Gidrometeoizdat, 1976. Vol. 1. 388 p; Vol. 2. 364 p.

12. *Vasnev S.A.* Statistika. M.: MGUP, 2001. 170 p.
13. *VNIIGMI-MCD.* Temperatura vozdukha (Elektronnyy resurs). URL:<http://meteo.ru/data/156-temperatura> (data obrascheniya 20.02.2019).
14. *Raspisanie pogody RP5* (Elektronnyy resurs). URL:[http // rp5.ru/arkhiv pogody](http://rp5.ru/arkhiv_pogody) (data obrascheniya 20.02.2019).
15. *Moroshkin K.V.* Vodnye massy Okhotskogo morya. M.: Nauka, 1966. 66 p.
16. *Vasilev I.S., Vasilev A.I., Torgovkin Ya.I.* Summy otritsatelnykh i polozhitelnykh znacheniy temperatur vozdukha i ikh kartografirovaniye na territorii Yakutii // Meteorologiya i gidrologiya. 2012. No. 3. P. 35–45.
17. *Alfimov A.V.* Termicheskiy rezhim verkhnikh sloev pochv v ekosistemakh poyasa redkolesiy basseyna Verkhney Kolymy // Poyas redkolesiy verkhoviy Kolymy. Vladivostok: DVNC AN SSSR, 1985. P. 9–29.
18. *Alfimov A.V., Berman D.I.* Climate i microclimate // Kholodnye stepi severo-vostochnoy Azii. Magadan: IBPS DVO RAN, 2001. P. 12–32.
19. *Atlas SSSR* / Pod red. L.N.Mesyatcevoi. M.: GUGK, 1984. 256 p.
20. *Vasilyeva G.V., Goroshkevich S.N.* Crossability of *Pinus sibirica* and *P. pumila* with their hybrids // Silvae Genetica. 2013. Vol. 62, Iss. 1–6. P. 61–67. DOI: 10.1515/sg-2013-0008.
21. *Abaimov A.P.* Geographical distribution and genetics of siberian larch species // Permafrost Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis). Dordrecht: Springer. 2010. Vol. 209. P. 41–58. DOI:10.1007/978-1-4020-9693-8\_3.
22. *Berman D.I., Alfimov A.V., Mazhitova G.G.* Gidrotermicheskie usloviya sushchestvovaniya osnovnykh komponentov ekosistem severo-vostoka SSSR // Izv. AN SSSR. Ser. geogr. 1990. No. 6. P. 15–28.
23. *Berman D.I., Alfimov A.V., Mazhitova G.G., Prokopenets M.Ye.* Rol vetra v divergentsii ekosistem s merzlotnyimi i sezonnomerzlyimi pochvami v severnom Okhotomore // Pochvovedenie. 1998. No. 5. P. 593–599.
24. *Alfimov A.V.* Merzlota i teploobespechennost pochv na severo-vostoke Asii // Vestnik SVNC. 2017. No. 3. P. 63–72. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-2(124-131).
25. *Geokriologiya SSSR.* Vostochnaya Sibir i Dalniy Vostok. M.: Nedra, 1989. 515 p.
26. *Shemberg M.A.* Bereza kamennaya. Sistematika, geografiya, izmenchivost. Novosibirsk: Nauka, SO. 1986. 174 p.
27. *Ogureeva G.N.* Struktura vysotnoy poyasnosti rastitelnosti gor severo-vostoka Sibiri // Geografiya i prirodnye resursy. 1998. No. 2. P. 5–11.

#### About the authors

ALFIMOV, Arkady Vasilievich, Cand. Sci. (Geography), leading researcher, Institute of Biological Problems of the North FEB RAS, 18 Portovaya st., Magadan 685000, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-6493-8183>, e-mail: [arcalfimov@gmail.com](mailto:arcalfimov@gmail.com);

BERMAN, Daniil Iosifovich, professor, Dr. Sci. (Biology), chief researcher, Institute of Biological Problems of the North FEB RAS, 18 Portovaya st., Magadan 685000, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-2137-1324>, e-mail: [dberman@mail.ru](mailto:dberman@mail.ru).

#### Citation

*Alfimov A.V., Berman D.I.* North-East of Asia as the temperature hyperzone and its alteration over the past 60 Years. *Communication 1.* Temperature regime of a warm season in the North-East of Asia // Arctic and Subarctic Natural Resources. 2021, Vol. 26, No. 4. P. 67–81. (In Russ.) <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-67-81>