

УДК 551.583(470.1/.6+571.6)

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ДИНАМИКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ: ПРОГНОЗЫ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ РОССИИ

Е.А. Григорьева¹, А.А. Нотов²

¹Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
Биробиджан

²Тверской государственный университет, Тверь

С помощью метода оценки чувствительности к изменению климата выявлены особенности отклика на прогнозируемое потепление индексов теплообеспеченности теплого и вегетационного периодов для Европейской и Дальневосточной России. Оценено возможное влияние климатических изменений на динамику биоразнообразия рассматриваемых регионов.

Ключевые слова: теплообеспеченность, потепление климата, индекс чувствительности, европейская территория России, юг Дальнего Востока России, динамика биоразнообразия.

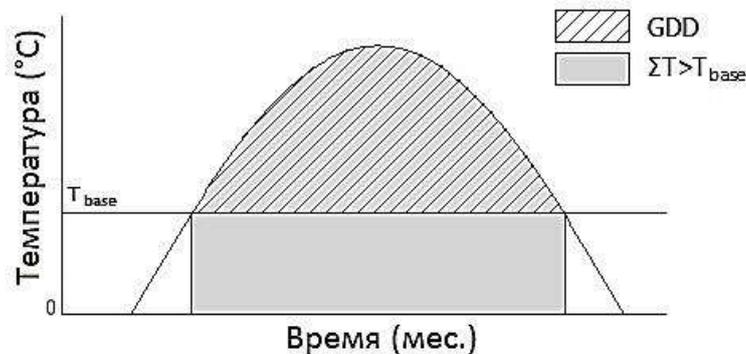
DOI: 10.26456/vtbio11

Введение. Климат является важнейшим фактором, определяющим состояние природных объектов. В связи с чрезвычайно быстрыми изменениями в климатической системе особую актуальность на современном этапе приобретает оценка их воздействия на трансформацию экосистем (Retuerto, Carballeira, 2004; Минин, 2011; Морозова, 2011; Костовска, Антипова, 2013; Porter et al., 2013; Сергиенко, Константинов, 2016). Значительное преобразование температурного и влажностного режимов способствует смещению границ природных зон и обуславливает пространственно-временную динамику биосистем и биоразнообразия в целом. Детальное изучение этих процессов имеет большое теоретическое и практическое значение.

Для анализа и оценки возможных тенденций в развитии экосистем и их биоразнообразия используются методы моделирования. Они позволяют дать количественную оценку их состояния, выяснить направленность адаптаций, определить пути снижения уровня воздействия и темпов трансформации. В данной работе при изучении влияния климатических колебаний на экосистемы использован метод оценки чувствительности к потенциально возможному потеплению. Основные этапы исследования были сопряжены с решением следующих задач: 1)

выявление особенностей наблюдаемой и прогнозируемой динамики теплообеспеченности экосистем; 2) определение регионов с повышенной уязвимостью к этим изменениям; 3) анализ возможной реакции экосистем на потепление. В качестве модельных регионов были выбраны южная часть Дальнего Востока России (ДВР) и европейская территория России (ЕТР).

Методика. Количественно воздействие климата на экосистемы описывается климатическими индексами, среди которых важнейшими являются теплообеспеченность тёплого и вегетационного периодов. Для анализа и оценки теплообеспеченности и её динамики мы предлагаем использовать индекс градусо-дней GDD, широко применяемый зарубежными авторами (Gordon, Bootsma, 1993; Matzarakis et al., 2007; др.). Индекс GDD – условная единица превышения средней суточной температуры над заданным минимумом. В соответствии с методикой среднесуточная температура рассчитывается как среднеарифметическое значение минимальной и максимальной за сутки температур, измеренных по специальным термометрам (Gordon, Bootsma, 1993; Matzarakis et al., 2007; Grigorieva et al., 2010). Пороговые температуры 0 и 5°C берутся для расчёта показателей теплообеспеченности безморозного и вегетационного периодов, соответственно. Индекс GDD5 позволяет также косвенно судить об изменениях в области криолитозоны. Они являются важным фактором динамики экосистем северной части ЕТР и практически всей дальневосточной территории.



Р и с . 1 . Сравнение двух подходов к расчёту теплообеспеченности: пороговая или базовая температура (T_{base}) определяет начало и конец соответствующего вегетационного периода, который описывается как накопление биологически активных температур ($\Sigma T > T_{base}$) или Индекса градусо-дней (GDD) (Grigorieva et al., 2010)

В России и странах бывшего Советского Союза для оценки теплообеспеченности принято использовать климатические индексы активных температур, например, сумму положительных температур выше 5°C ($\Sigma T > 5^\circ\text{C}$) (Grigorieva et al., 2010; Жильцова, Анисимов, 2013). При расчёте $\Sigma T > 5^\circ\text{C}$ суммируются все положительные температуры в пределах пороговых величин, а GDD представляет собой сумму температур выше базового значения (рис. 1). Анализ Индекса активных температур и Индекса градусо-дней позволяет провести их сравнение для выявления количественных различий.

Предлагается оценивать влияние меняющихся климатических условий на теплообеспеченность по изменению сумм градусо-дней GDD0 и GDD5 простым прибавлением +1, +2 и +3°C к минимальной и максимальной температурам воздуха. Таким образом, делается допущение о стационарности анализируемых процессов и неизменности во времени их дисперсии и автокорреляции (Hennessy, Pittock, 1995). Возможные изменения оцениваются по индексу чувствительности термических ресурсов экосистем GDDSI. Он рассчитывается как отношение реальных величин к моделируемым, в процентах. Например, для GDD5 и сценария потепления +2°C индекс чувствительности вычисляется по формуле:

$$\text{GDD5SI}_{+2} = \text{GDD5}_{+2} / \text{GDD5} \times 100,$$

где GDD5 – сумма градусо-дней выше 5°C за изучаемый период. По результатам расчетов строятся прогнозные карты, отображающие возможные изменения при различных сценариях потепления, которые позволяют наглядно изображать прогнозируемое перераспределение теплообеспеченности.

Исследование проведено для двух модельных регионов – ЕТР и юга ДВР. Умеренно-континентальный климат европейской части России в северной части отличается избыточным увлажнением. Умеренный муссонный климат на юге Дальнего Востока характеризуется следующими друг за другом зимним и летним муссонами, действие которых накладывается на экстремальную межсезонную динамику температурного режима. Годовая амплитуда температур здесь составляет 45–50°C и соответствует уровню континентальности климата Средней Сибири.

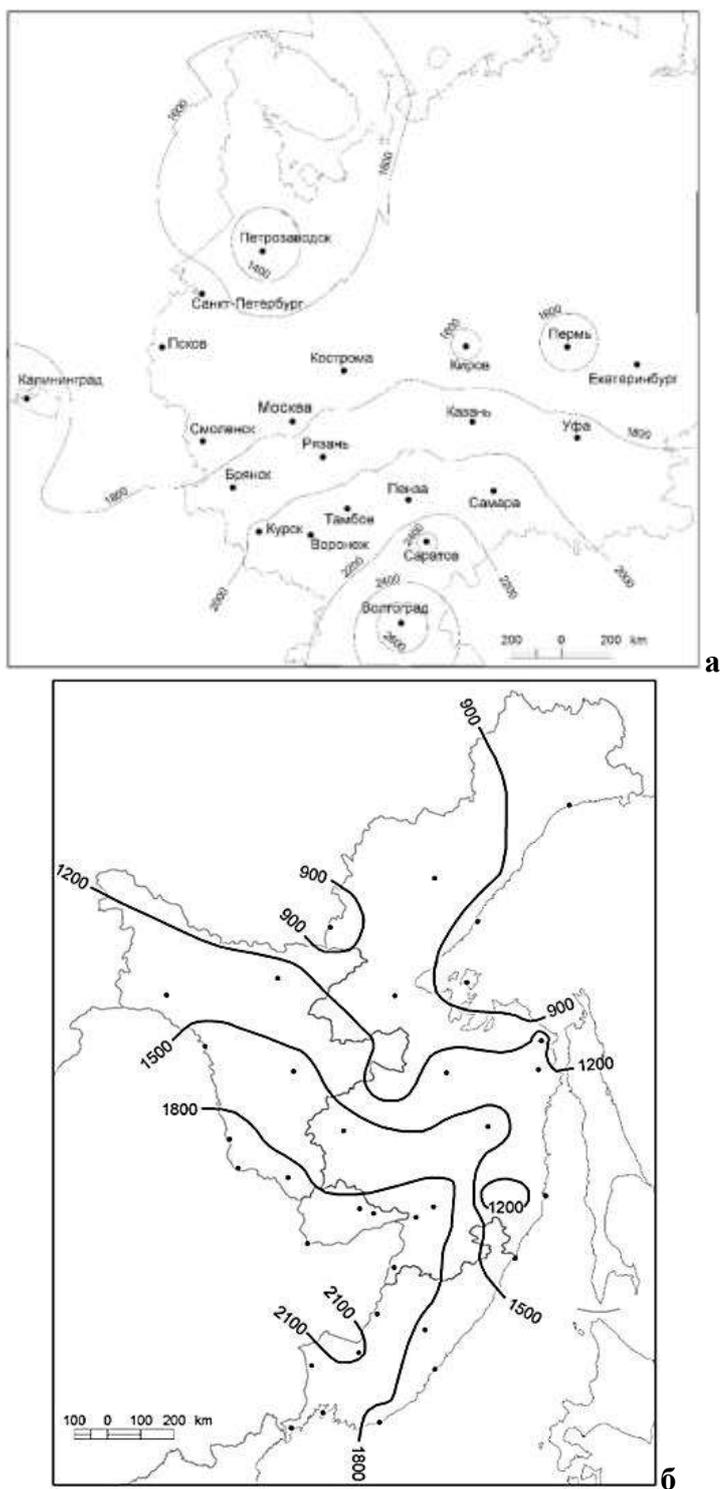
Проанализированы природные зоны ЕТР – северная, средняя и южная тайга, а также смешанные и широколиственные леса. На юге они переходят в степную зону, а с севера ограничены областью распространения многолетней мерзлоты. Юг Дальнего Востока – это горная тайга с включениями характерных для европейской России природных зон. Кроме того, почти на всей рассматриваемой территории ДВР, кроме её южной части в Приморье, на юге Еврейской автономной области и Хабаровского края, имеется

многолетняя мерзлота. Это районы с отрицательными среднегодовыми температурами воздуха и холодными, малоснежными зимами. Значительное влияние Тихого океана и Азиатского континента сказывается в существенно более южном расположении границ рассматриваемых зон на юге Дальнего Востока по сравнению с ЕТР. Природные зоны и граничные значения тепловых ресурсов климата для них рассматривались в соответствии со значениями, предложенными в работе Е.Л. Жильцовой и О.А. Анисимова (2013).

Анализ пространственно-временной динамики термических свойств климата выполнен для 125 гидрометеостанций (ГМС) на европейской и для 50 ГМС на дальневосточной территории. Использовались ежедневные данные по максимальной и минимальной суточной температуре воздуха за период с 1966 по 2015 гг. (сайт ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»: www.meteo.ru). Выявление границ перехода температуры через пороговые пределы 0 и 5°C проведено в соответствии с методикой Л.С. Кельчевской (1971).

Результаты и обсуждение. Сумма градусо-дней безморозного периода GDD0 на территории ЕТР увеличивается от 1500 на севере до 3100–3200°C. Изолинии равных значений проходят практически параллельно широте с небольшим сдвигом к северу, характеризующим уменьшение величин, в предгорьях Урала. Индекс GDD0 на юге ДВР колеблется в том же диапазоне, но при этом линии равных значений индекса повторяют очертание береговой линии и рельеф местности, проходя с северо-востока на юго-запад и увеличиваясь по мере удаления от океана. Значения индекса GDD0 максимальны для континентальных районов южной части изучаемой территории. На побережье Японского и Охотского морей эти величины почти в два раза меньше, что объясняется заметным влиянием Тихого океана.

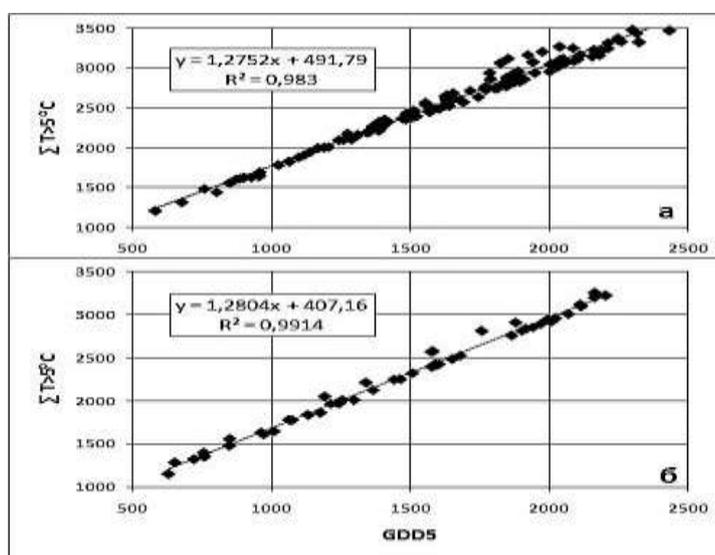
Пространственное распределение GDD5 в целом сходно с GDD0 для обоих регионов (рис. 2). Значение GDD5 изменяется почти в три раза в диапазоне от 700°C до более чем 2100°C, при этом более низкие величины отмечаются для ДВР по сравнению с европейской территорией. На юге ДВР самые холодные области находятся в горных районах и на северо-западе (рис. 2б).



Р и с . 2 . Термические ресурсы экосистем, GDD5:
а) ЕТР, б) ДВР

Дополнительно нами проведены расчеты и сравнение индексов GDD5 и $\Sigma T > 5^{\circ}\text{C}$ для возможности сопоставления результатов работ российских и зарубежных исследователей. На европейской территории России разница в суммах температур составила для рассматриваемых природных зон: 600–800, 800–900, 900–1000 $^{\circ}\text{C}$ для зон северной, средней и южной тайги, соответственно; 1000–1200 – для смешанных и 1000–1100 $^{\circ}\text{C}$ – широколиственных лесов. На территории ДВР эти величины несколько ниже и составляют 600–700, 700–800, 800–900 $^{\circ}\text{C}$ для зон северной, средней и южной тайги, 900–1000 и 1000–1100 $^{\circ}\text{C}$ – для смешанных и широколиственных лесов, соответственно. Ранее было показано (Tshebakova et al., 2010; Жильцова, Анисимов, 2013), что значительные отличия климатических границ одних и тех же видов растений и, соответственно, природных зон в целом, для разных регионов связаны с физиологическими адаптациями растений к местным условиям. Скорее всего, этим фактом можно объяснить некоторое различие изучаемых величин (индексов GDD5 и $\Sigma T > 5^{\circ}\text{C}$ и разницы между ними) для территорий юга ДВР и ЕТР.

На рис. 3 представлены рассеянные диаграммы для индексов GDD5 и $\Sigma T > 5^{\circ}\text{C}$, графически отображающие взаимосвязь между индексами для ЕТР и ДВР. Высокие значения коэффициентов корреляции ($R^2 = 0,98$ и $0,99$ для ЕТР и ДВР, соответственно) позволяют говорить о практически полном пространственном соответствии этих величин.



Р и с . 3 . Рассеянные диаграммы взаимосвязи между GDD5 и $\Sigma T > 5^{\circ}\text{C}$:
а) ЕТР; б) ДВР

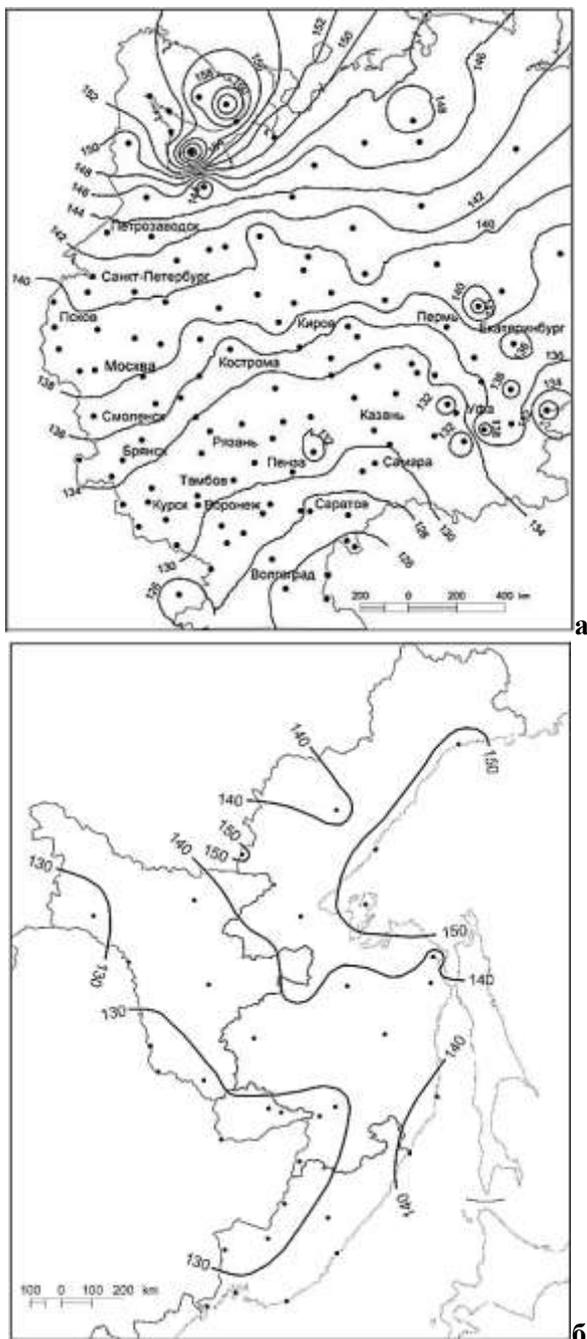
При расчёте чувствительности к повышению температуры выявлено нелинейное варьирование индекса GDDSI при изменении как базовой температуры, так и моделируемого потепления. На европейской части для пороговой температуры 0°C GDDSI меняется от 7 до 13 % для +1°C; от 13 до 25 % для +2°C; от 20 до 40 % для сценария +3°C. Значения чувствительности при пороговой температуре 5 °C несколько выше: от 8–16 до 16–40 и 25–60 % для моделируемых сценариев +1, +2, +3°C, соответственно. На Дальнем Востоке величины и диапазон изменения чувствительности практически такие же; небольшое отличие отмечается только для сценария +2° C, где значения GDDSI колеблются в больших, по сравнению с европейской территорией, пределах: 5–27 и 6–40 % для GDD0 и GDD5, соответственно.

Интересно отметить понижение GDD5SI при сценарии +2°C по сравнению с +1°C, выявленное только для южной континентальной части дальневосточной территории. Скорее всего, объяснение заключается в уменьшении сумм физиологически нормальной теплообеспеченности при повышении дневной температуры выше верхнего порога +30°C, что угнетает нормальный рост и развитие растений (Dwyer et al. 1999, Darby, Lauer 2002, Matzarakis et al. 2007). За исключением этих случаев, как правило, большие значения чувствительности выявлены для более высоких пороговых температур и сценариев потепления, причем чувствительность зависит сильнее от пороговой температуры, чем от сценария потепления.

В соответствии с полученными результатами созданы карты GDDSI, наглядно представляющие пространственную структуру индекса чувствительности. На рис. 4 приведен пример визуализации индекса для пороговой температуры 5°C и сценария потепления +3°C. Как видно из картосхемы, на европейской территории чувствительность термических ресурсов вегетационного периода к потеплению плавно возрастает в направлении с юга на север (рис. 4а), а на Дальнем Востоке – с юго-запада на северо-восток (рис. 4б), практически повторяя изолинии теплообеспеченности. Для обеих территорий явно прослеживается влияние близости морских побережий и горных хребтов.

В целом и теплообеспеченность, и чувствительность термических ресурсов к потеплению зависят от географической широты местности, высоты над уровнем моря и близости к побережью, что проявляется ярче на Дальнем Востоке. В первую очередь отмечается заметное пространственное колебание чувствительности тепловых ресурсов с существенным увеличением с севера на юг. На континентальных станциях GDDSI зависит больше от

высоты местности, чем от широты. Для морских ГМС зависимость от широты выражена сильнее: чем севернее, тем восприимчивость к повышению температур для обоих рассматриваемых порогов (0 и 5°C) выше.



Р и с . 4 . Индекс чувствительности теплообеспеченности экосистем к климатическим изменениям GDDSI5: а) ЕТР, б) ДВР

Предложенный метод может использоваться для прогноза возможного отклика растительного покрова и основных параметров биоразнообразия на изменение климата. Ранее анализ динамики зональных биомов на ожидаемое потепление был выполнен Е. Л. Жильцовой и О. А. Анисимовым (2013). Эмпирико-статистическое моделирование зональности растительного покрова при условии увеличения температуры на величину около $+2^{\circ}\text{C}$ по сравнению с фоновым периодом 1901–1980 гг. позволило авторам прогнозировать заметное смещение границ биомов России на север, сопровождающееся в дальнейшем исчезновением зоны тундры и в целом трансформацией структуры высотной поясности. При реализации данного сценария потепления к середине XXI в. прогнозируется 60–70% преобразование экосистем бореальной зоны в ЕТР и 50–60% – на Дальнем Востоке (Жильцова, Анисимов, 2013). Изменения коснутся в первую очередь экотонных территорий – т. е. тех, которые находятся на границе между двумя природными зонами (лесотундра, лесостепь) (Костовска, Антипова, 2013).

По мнению других исследователей (Замолодчиков, 2011), для ЕТР прослеживается смещение южной границы леса к северу. Оно сопряжено с уменьшением площадей, занятых елью и дубом, увеличением роли березы, осины и ольхи серой в темнохвойных лесах; расширением области распространения кустарниковой растительности, прежде всего ивняков и ерниковых сообществ в восточно-европейских тундрах. В то же время, на территории Дальнего Востока не выявлено однозначной реакции растительного покрова на потепление климата (Парилова и др., 2006). Делается вывод о том, что «биота региона находится в стадии «раскачивания» и реализации различных механизмов адаптации к потеплению климата во всех его проявлениях» (Минин, 2006, с. 21).

По данным В. Г. Сергиенко и А. В. Константинова (2016), реализация сценария потепления на $0,7\text{--}1^{\circ}\text{C}$ приведет к уменьшению распространения северных видов и некоторому увеличению видового богатства южных видов. Например, в результате проникновения на север неморальных видов и древесных пород прогнозируется 20–35-процентное повышение видового разнообразия южной тайги. Вблизи южной границы хвойно-широколиственных лесов возможно частичное ослабление позиций ели и усиление роли широколиственных пород (дуб, липа, граб, бук). На Дальнем Востоке в результате преобразования растительных зон и трансформации высотных поясов сократится область распространения и биоразнообразие горно-тундровой растительности (Сергиенко, Константинов, 2016).

Изменение климата может оказать воздействие и на общие

характеристики экосистем. Например, выявлено, что биологическая продуктивность лесостепных, степных и полупустынных районов испытывает заметное влияние изменений температуры июля и осадков (Золотокрылин, Титкова, 2010). Показано, что увеличение биомассы и фотосинтетической активности с большой вероятностью потери целостности и активности всего биома являются следствием увеличения теплообеспеченности и раннего наступления периода вегетации (Титкова, Виноградова, 2015).

Однако в других работах делается вывод о замедленной реакции некоторых лесобразующих пород Русской равнины на современное потепление и, соответственно, об отсутствии критического влияния климатических изменений (Ведюшкин и др., 1995; Минин, 2011; Минин и др., 2016, 2017), что объясняется реализацией гомеостатических механизмов данных видов и демпфированием воздействия внешнего фактора. По мнению авторов, такая инерционность способствует сохранению биоты в целом, её структуры и целостности при не критичных колебаниях климата. Как следствие, авторы призывают с осторожностью относиться к предсказаниям о смещении ареалов древесных видов, основанным на прогнозах климатических изменений.

Иногда отмечают также и возможное положительное влияние наблюдаемых и будущих климатических изменений (Костовска, Антипова, 2013). Например, смещение на север границ основных растительных биомов может привести к усилению продуктивности лесов средней и северной тайги и увеличению лесистости северной тайги (Жильцова, Анисимов, 2013). Однако положительная оценка увеличения продуктивности растительных сообществ без учёта динамики биоразнообразия не вполне корректна (Титкова, Виноградова, 2015).

Безусловно, комплексная оценка воздействия динамики климата на состояние экосистем должна включать выявление влияния различных экологических факторов и параметров. Среди них: количество осадков (Золотокрылин, Титкова, 2010; Морозова, 2011; Жильцова, Анисимов, 2013), дефицит влагообеспеченности почвы и испарения (Retuerto, Carballeira, 2004; Морозова, 2011), уровень солнечной радиации, состояние многолетнемерзлых пород (Жильцова, Анисимов, 2013), содержание углекислого газа (Reich, 2009) и азота (Porter et al., 2013) и др. Например, показано упрощение структуры и снижение биоразнообразия наземных экосистем США в результате сопряженного воздействия потепления и изменения количества азота (Porter et al., 2013).

Выполненные ранее работы по оценке реальных (Grigorieva, de Freitas, 2014) и моделируемых колебаний количества осадков

(Кренке, Чернавская, 2003) в разных регионах России пока не выявили их значимой динамики, именно поэтому в данной работе акцент сделан на тепловых ресурсах климата. В дальнейшем для получения более полной модели планируется проведение исследований по анализу чувствительности к климатическим изменениям суровости зимнего периода и влагообеспеченности.

Заключение. Предлагаемый нами метод изучения чувствительности экосистем к климатическим изменениям является одновременно простым и универсальным. Сравнительная оценка моделируемых процессов для юга Дальнего Востока и ЕТР и данные прогностических расчетов свидетельствует о возможной динамике границ растительных зон и основных параметров биоразнообразия. Полученные сведения позволяют оценивать уязвимость территории к колебаниям климата и выявлять возможные тенденции преобразования экосистем. Результаты важны для разработки стратегических проектов по снижению темпов и последствий трансформации природных систем. Их реализация может обеспечить своевременное реагирование различных секторов экономики, в первую очередь сельского и лесного хозяйства, на экосистемные изменения, связанные с динамикой климатических параметров.

Список литературы

- Ведюшкин М.А., Колосов П.А., Минин А.А., Хлебопрос Р.Г.* 1995. Мультистабильность на границах растительных зон // Сибирский экологический журнал. Т. 2. № 3. С. 253.
- Жильцова Е.Л., Анисимов О.А.* 2013. Эмпирико-статистическое моделирование растительной зональности в условиях изменения климата на территории России // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 25. С. 360-374.
- Замолодчиков Д.Г.* 2011. Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учета лесного фонда // Успехи современной биологии. Т. 131. № 4. С. 382-392.
- Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б.* 2010. Климатообусловленная динамика лесостепной, степной и полупустынной растительности России и Казахстана // Известия РАН. Серия географическая. № 2. С. 40-48.
- Кельчевская Л.С.* 1971. Методы обработки наблюдений в агроклиматологии. Л.: Гидрометеорологическое изд-во. 216 с.
- Костовска С., Антипова А.В.* 2013. Экотонизация пространства // История и современность. № 1. С. 133-139.
- Кренке А.Н., Чернавская М.М.* 2003. Районирование территории России по сочетанию климатических экстремумов условий возникновения чрезвычайных ситуаций // Известия РАН. Серия географическая. № 2. С. 17-25.
- Минин А.А.* 2006. Экосистемы бассейна Амура в условиях потепления

- климата: опыт заповедников // Влияние изменения климата на экосистемы бассейна реки Амур. М.: WWF России. С. 17-21.
- Минин А.А. 2011. Некоторые аспекты взаимосвязей наземных экосистем с изменяющимся климатом // Успехи современной биологии. Т. 131. № 4. С. 407-415.
- Минин А.А., Ранькова Э.Я., Рыбина Е.Г., Буйволово Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д. 2016. Феноиндикация изменений климата за период 1976–2015 гг. в центральной части европейской территории России: береза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 27. № 2. С. 17-28.
- Минин А.А., Ранькова Э.Я., Рыбина Е.Г., Буйволово Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д. 2017. Феноиндикация изменений климата за период 1976–2015 гг. в центральной части европейской территории России: береза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 28. № 3. С. 5-22.
- Морозова О.В. 2011. Пространственные тренды таксономического богатства флоры сосудистых растений // Биосфера. Т. 3. № 2. С. 190-207.
- Парилова Т.А., Кастрикин В.А., Бондарь Е.А. 2006. Многолетние тенденции сроков наступления фенофаз растений в условиях потепления климата (Хинганский заповедник, Среднее Приамурье) // Влияние изменения климата на экосистемы бассейна реки Амур. М.: WWF России. С. 47-51.
- Сергиенко В.Г., Константинов А.В. 2016. Прогноз влияния изменения климата на разнообразие природных экосистем и видов флористических и фаунистических комплексов биоты России // Труды СПб НИИ лесного хозяйства. № 2. С. 29-44.
- Титкова Т.Б., Виноградова В.В. 2015. Отклик растительности на изменение климатических условий в бореальных и субарктических ландшафтах в начале XXI века // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 12. № 3. С. 75-86.
- Gordon R., Bootsma A. 1993. Analyses of growing degree-days for agriculture in Atlantic Canada // Clim Res. V. 3. P. 169-176.
- Grigorieva E.A., de Freitas C.R. 2014. Temporal dynamics of precipitation in an extreme mid-latitude monsoonal climate // Theor. Appl. Climatol. V. 116. № 1. P. 1-9.
- Grigorieva E.A., Matzarakis A., de Freitas C.R. 2010. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude // Clim. Res. V. 42. P. 143-154.
- Hennessy K.J., Pittock A.B. 1995. Greenhouse warming and threshold temperature events in Victoria, Australia // Int. J. Climatol. Vol. 15. P. 611-612.
- Matzarakis A., Ivanova D., Balafoutis C., Makrogiannis T. 2007. Climatology of growing degree days in Greece // Clim. Res. V. 34. P. 233-240.

- Porter E.M., Bowman W.D., Clark C.M., et al. 2013. Interactive effects of anthropogenic nitrogen enrichment and climate change on terrestrial and aquatic biodiversity // *Biogeochemistry*. V. 114. P. 93-120.
- Reich P.B. 2009. Elevated CO₂ reduces losses of plant diversity caused by nitrogen deposition // *Science*. V. 326. № 5958. P. 1399-1402.
- Retuerto R., Carballeira A. 2004. Estimating plant responses to climate by direct gradient analysis and geographic distribution analysis // *Plant Ecology*. V. 170. № 2. P. 185-202.
- Woodward F.I. 1987. *Climate and plant distribution*. London: Cambridge University Press.

CLIMATE CHANGE AND BIODIVERSITY DYNAMICS: FORECAST FOR EUROPEAN RUSSIA AND RUSSIAN FAR EAST

E.A. Grigorieva¹, A.A. Notov²

¹Institute for Complex Analysis of Regional Problems Far Eastern Branch RAS (ICARP FEB RAS), Birobidzhan

²Tver State University, Tver

Using the method of assessing the sensitivity to climate change, we identified the features of the response to the predicted warming of heat supply indices for warm and vegetative periods for European and Far Eastern Russia. The possible impact of climate change on the biodiversity dynamics of the regions is discussed.

Keywords: *thermal resources of climate, climate change, sensitivity index, biodiversity dynamics, European Russia, Russian Far East.*

Об авторах:

ГРИГОРЬЕВА Елена Анатольевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории региональных социально-экономических систем, ФГБУН ИКАРП ДВО РАН, 679016, Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, д. 4, e-mail: eagrigor@yandex.ru.

НОТОВ Александр Александрович – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, Желябова, д. 33, e-mail: anotov@mail.ru.

Григорьева Е.А. Изменение климата и динамика биоразнообразия: прогнозы для территории Европейской и Дальневосточной России / Е.А. Григорьева, А.А. Нотов // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология*. 2018. № 3. С. 165-177.