

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, КОТОРОГО БИОСФЕРА НЕ ЗАМЕТИЛА

А.А. МИНИН

(доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Института глобального климата и экологии им. Ю.А. Израэля,
академик Российской экологической академии)

DOI: 10.7868/S0233361922110015

Регулярные фенологические наблюдения в России ведутся с конца XIX века, накоплен огромный объём информации, собрана своеобразная “народная летопись природы России”. Между тем в последние годы – и даже уже десятилетия – мировое сообщество озабочено потеплением климата. Раньше оно было озабочено озоновыми дырами в атмосфере, птичьим и свиным гриппом, разнообразными лихорадками и т.д. На все эти и другие “глобальные экологические проблемы” деньги выделялись, успешно оswаивались – и проблемы уходили.

С климатом интереснее: масштабы посерьёзнее, предполагается коренное изменение экономического развития всего мира. Да и причина выдвинута основательная: деятельность человека, связанная с выбросами парниковых газов. Поэтому и проходит современное изменение климата по ряду экологических проблем (хотя это большой отдельный вопрос). И если человечество не будет внедрять новые природоохранные технологии, не откажется от ископаемого топлива, перспективы рисуются самые мрачные.

Современное потепление многие называют беспрецедентным в истории, то есть такого не было никогда. А что же будет тогда, например, с современной биотой планеты?

В 1980–1990-х годах под влиянием докладов Римского клуба в рамках международных программ многие учёные искали пределы устойчивости биосферы? Обосновывались различные показатели её состояния, при достижении которых биосфера должна была прекратить существование и человечество – в первую очередь. Показатели достигались, даже перекрывались... Но в биосфере менялось всё не сильно. И поиски этих пределов как-то тихо прекратились. Что, кстати, ещё раз продемонстрировало очень низкий уровень наших знаний о природе и механизмах, поддерживающих жизнь на планете.

Действительно, “плёнка жизни” (по В.И. Вернадскому) – нижние слои атмосферы, толща океанов, верхние слои литосферы – в лучшем случае составляет несколько десятков километров по вертикали. Ничто по космическим меркам. Тем не менее на про-

тяжении почти полумиллиарда лет это “ничто” функционирует в условиях самых разных космических и земных катаклизмов.

Итак, возникает закономерный вопрос: если современное потепление беспрецедентно по скорости и масштабам, значит, и современная биота, незнакомая, очевидно, с таким внешним воздействием должна реагировать на него как-то тоже “беспрецедентно”? Быстро разрушиться или стремительно деградировать, демонстрировать какие-то необычные процессы, активно изменять границы биомов, биоразнообразия и проч., и проч.

Да, где-то отмечается продвижение границ растительных зон к северу, а где-то – нет. В биоценозах появляются новые виды растений и животных, но часто причиной тому – человек. В умеренных широтах сохраняется всё та же ритмика природы с весенним распусканием зелени, летним созреванием ягод и плодов, осенним увяданием и зимним покоем.

Оказалось, что выявить и изучить эти реакции не так-то просто. Нужны многолетние данные массовых наблюдений, позволяющие сделать определенные выводы. Палеогеографические исследования показали, что изменения границ растительных зон и подзон могут происходить через 100 и более лет после изменения климатических условий. Инерционность системы очень велика. Но в наше время кроме климатических факторов на биоту влияет и антропогенный (пожары, вырубki лесов), который вроде бы должен способст-

вовать ускоренной и очевидной смене сообществ в условиях нынешнего потепления. Но явных примеров таких масштабных смен тоже нет.

Самый наглядный и доступный способ проверить реакцию биоты на современное потепление – изучить фенологические изменения в жизни растений и животных за достаточно длительный период времени. Фенология – наука о сезонных изменениях в природе и их причинах. Упрощенно:

теплая зима и весна – деревья начинают зеленеть раньше, созревают раньше ягоды. Холодный год – наоборот.

Если за длительный период климат теплеет, логично ожидать, что весенние события в живой природе станут наступать раньше, осенние – позже, а продолжительность периода вегетации будет возрастать. Регулярные фенологические наблю-

дения в России под эгидой Русского географического общества (РГО) ведутся с конца XIX века, накоплен огромный объем информации.

Мы проанализировали изменения за период с 1976-го (год начала современного потепления в России) по 2015-й в сроках развёртывания первых листьев у берёзы (индикатор начала подсезона “разгар весны”), начала цветения черемухи (“разгар весны”), рябины (индикатор начала подсезона “предлетье”), липы мелколистной (индикатор начала подсезона “полное лето”). А также многолетние ряды сроков происходящих примерно в одно время с этими событиями устойчивых переходов средней суточной темпе-

Самый наглядный и доступный способ проверить реакцию биоты на современное потепление – изучить фенологические изменения в жизни растений и животных за достаточно длительный период времени. Фенология – наука о сезонных изменениях в природе и их причинах.

ратуры воздуха через 10, 12, 14 и 17 °С соответственно.

Рассматривалась территория от Вологодской области на севере до Воронежской на юге; от Смоленской на западе до Мордовии на востоке. Использовались данные заповедников и добровольной фенологической сети РГО, а также метеоданные с официальных сайтов.

Результаты – весьма неожиданные. Мы оценивали скорость смещения дат переходов температуры и наступления близких по срокам фенологических явлений по коэффициенту линейного тренда в среднем за 10 лет (декаду).

Оказалось, что скорость смещения дат переходов температуры всегда выше темпов смещения дат наступления фенологических явлений у деревьев. Эти различия возрастают в ходе периода вегетации: для берёзы составляют от $-0,4$ до $-1,2$ дня/10 лет на большей части, в южной части рассматриваемого региона – от $+0,2$ до $-0,4$ дня/10 лет (знак “-” свидетельствует, что событие стало наступать раньше; “+” – позже). А у перехода температуры через 10 °С скорость смещения сроков варьируется от близкой к нулю на крайнем востоке до $-3,6$ дня/10 лет (смещение на две недели за последние 40 лет).

Таким образом, разница скоростей смещения сроков развёртывания листьев у берёзы и переходов температуры через 10 °С в центральной и западной частях региона достигает 2–4 раз (на востоке они близки).

В поле коэффициентов линейного тренда черёмухи выделяется полоса пониженных (близких к 0) значений между 52° и 54° с.ш., к северу от которой значения коэффициента повышаются от -1 до $-1,8$ за 10 лет. То есть

событие стало наступать за последние 40 лет примерно на неделю раньше. У переходов температуры через 12 °С преобладают значения коэффициента тренда от $-2,0$ до $-2,8$ по всей территории. Таким образом, разница в скоростях, как и у берёзы, составляет 2–4 раза.

Характерной особенностью многолетних изменений дат зацветания рябины, как и в случае с черёмухой и в меньшей степени с берёзой, является зона пониженных значений коэффициентов линейного тренда (положительных и отрицательных) в полосе между 52° и 54° с.ш. Причем на востоке этой зоны очаг с положительными коэффициентами (то есть событие стало наступать позже) опускается южнее 52° с.ш. Севернее и южнее зоны также наблюдается некоторое (более слабое, чем в случае с черёмухой) повышение интенсивности нисходящих трендов (до $-1,0$ дня за 10 лет).

Переход температуры через 14 °С более активно смещается на ранние сроки в северной части (до $-4,5$ дней/10 лет). Разница в значениях коэффициентов линейных трендов дат зацветания рябины и переходов температуры через 14 °С достигает 5–10 раз. Потепление этого периода весны развивается значительно более активно, чем происходят изменения в фенологии рябины (в отмеченной выше зоне тенденции у рябины и температуры вообще противоположны).

В поле значений коэффициентов линейного тренда дат зацветания липы зона положительных значений существенно расширилась (от 51° с.ш. до 56° с.ш.), отрицательные значения присутствуют на севере и локально на юге территории. Перепад значений коэффициента – от $-0,8$ до $+0,4$ дня за 10 лет.

Коэффициенты линейного тренда дат переходов температуры через 17 °С везде отрицательные с максимумами на севере (до -9; -11), в южной половине – до -5-6 дней/10 лет. Разница в коэффициентах линейных трендов дат зацветания липы и переходов температуры через 17 °С достигает 8-25 раз, и это различие существенно выше аналогичных показателей у берёзы, черёмухи и рябины. При этом потепление наблюдается на всей территории с максимальными скоростями на севере.

То есть изменения климата, отражающиеся в переходах температуры, протекают по своим правилам, а вегетативный период растений – по своим. Возрастание расхождений скоростей может быть обусловлено необходимостью прохождения растениями последовательных фаз вегетационного развития с затратой определенного времени на каждую из них.

Это означает, что фенологические изменения у растений не прямо следуют за изменением температурных показателей. У них реализуются гомеостатические механизмы противодействия внешним воздействиям, которые имеют, кроме прочего, пространственную специфику: выявлена зона особенно медленных и даже с противоположным знаком изменений у деревьев, особенно у липы, между 51-52° и 54-56° с.ш., в южной части рассматриваемого региона.

Что касается зимних изменений в биосфере, то в средних широтах глубокий зимний покой у древесно-кустарниковых растений заканчивается к концу января, а то и раньше. Так как продолжительность действия холода должна быть не менее 2-3 месяцев, а температура не выше 3-5 °С, резерв гомеостатических механизмов приспособления

древесно-кустарниковых видов к внешним воздействиям не исчерпан.

Кроме этого, в зимнем покое у древесно-кустарниковых видов умеренных широт посредством “закаливания” вырабатывается способность переносить образование льда в тканях – “льдоустойчивость”. Как только начинаются активные ростовые процессы, растения теряют это свойство.

Отсюда для некоторых видов рассматриваемого региона лимитом начала активных физиологических процессов будет изменение сроков наступления устойчивого весеннего тепла на более ранние. Индикаторы этого процесса – даты переходов температуры воздуха через пороговые значения. Возможно, на севере европейской территории России граница между зимним и весенним сезоном на рассматриваемом промежутке времени более стабильна, чем в южных районах.

Можно предположить, что у растений из северных широт есть более широкие резервы для сокращения периода полного зимнего покоя в пользу вегетационного по сравнению с растениями из южных широт. И эти различия отражаются в скоростях фенологических изменений. Возможно, именно этими обстоятельствами объясняется возникновение зоны слабых фенологических изменений южнее 54-56° с.ш. Там лимит сокращения периода полного покоя исчерпан и наблюдаемые изменения климата не могут “переломить” эти физиологические особенности растений.

Скорее всего, возможности у растений одного вида из разных широт идентичны в смысле наличия обязательной холодной фазы в годовом цикле развития для поддержания гомеостаза.

Но “обратимое” свойство “льдоустойчивости” более стабильно именно в высоких широтах, так как там более стабильный температурный режим зимой. И именно за счёт более продолжительного холодного периода северные растения продолжают оставаться в состоянии “вынужденного покоя” до наступления благоприятного температурного режима.

То есть для того, чтобы произошли серьёзные нарушения гомеостатических механизмов зимнего покоя у растений, в природе должны проявиться и стать стабильными гораздо более сильные климатические изменения. Отсюда доводы о важности роли светового дня для сокращения зимнего покоя могут оказаться не очень существенными, так как ограничивающим фактором является в первую очередь температура.

Если февраль–март по какой-то причине будут очень холодными без продолжительных оттепелей и будет поддерживаться действием низких температур вынужденный покой, увеличение светового дня не сможет повлиять на выход растений из этой стадии, так как ещё действует защитный эффект “льдоустойчивости”. Поэтому, возможно, во время нахождения растения в состоянии “льдоустойчивости” не происходит важных биохимических процессов, направленных на подготовку к вегетации. Всё это запустится позже и будет протекать тем быстрее, чем быстрее и стабильнее пойдет волна тепла.

В начале статьи мы писали о скудности наших знаний о механизмах устойчивости биосферы. Однако если на протяжении миллионов лет биосфера поддерживала приемлемые и даже комфортные условия для белковой жизни и мы до сих пор не можем понять, как она это делала, то почему

мы решили, что именно сейчас из-за нас она гинет? Так ли велико влияние человечества на климат, как внушает нам нынешними “озабоченными”? Неужели мы по своей энергетике и влиянию на климат уже переплюнули Солнце, Землю с мощностью ее вращения, океанических течений, вулканов, атмосферной циркуляции? Да и доля CO₂ антропогенного происхождения в атмосфере составляет лишь 1%! Что даст снижение, за счёт огромных усилий, этой доли на несколько десятых долей процента? Может, нам следует в первую очередь решать проблемы, которые непосредственно мы создаем для себя и наших соседей по планете? Они-то нам по силам.

Мусор, отходы, свалки, загрязнение природных сред, уничтожение лесов, безжалостная добыча природных ресурсов для обеспечения почему-то постоянно возрастающих потребностей граждан некоторых стран, бездумное строительство городов. А климат надо воспринимать как естественный фактор нашей жизни: где-то комфортный, где-то суровый, он всегда определял и будет определять условия жизни для всех обитателей планеты. Надо просто глубже и объективно изучать его, не политизировать эту тему (впрочем, как и другие научные направления) и не создавать искусственных проблем, за решение которых почему-то должно отвечать все человечество.

Практика последних месяцев показывает, что даже ярые адепты зелёной экономики стали активно возвращаться к углю и мазуту, позабыв о ветряках и солнечных батареях. Это нагляднее всего характеризует суть “озабоченности” проблемой современного “антропогенно обусловленного” изменения климата.