

СВЯЗЬ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ С КРУПНЫМИ БИОСФЕРНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ (НА ПРИМЕРЕ ИЗМЕНЕНИЙ ШИРИНЫ ГОДИЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ КОЛЕЦ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ ПОСЛЕ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ)

Панов В.И.,

кандидат географических наук,

Поволжская агролесомелиративная опытная станция

Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации,

Самара, Россия.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы индикации природных явлений на основе дендрохронологии. Выявлены закономерности изменений ширины годичных древесных колец хвойных растений после извержений вулканов. Такие закономерности установлены на примере 250-летнего периода роста *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica*.

Ключевые слова: дендрохронология, дендрошкалы, годичные древесные кольца, хвойные растения, *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica*, извержения вулканов, индикация, деревья-долгожители.

CONTACT DENDROCHRONOLOGY LARGE BIOSPHERE PHENOMENA (FOR EXAMPLE, CHANGES IN THE WIDTH OF THE ANNUAL RINGS OF WOOD OF CONIFERS AFTER VOLCANIC ERUPTIONS)

Panov V.I.,

candidate of geographical sciences,

Volga region agrolesomelirativny experimental station of the

All-Russian research institute of an agrolesomelioration, Samara, Russia.

Abstract. The article deals with the display of natural phenomena on the basis of dendrochronology. The regularities of changes in the width of the annual rings of wood of conifers after volcanic eruptions. Such patterns are set to Example 250-year period of growth *Pinus sylvestris* and *Larix sibirica*.

Keywords: dendrochronology, dendroshkaly, annual tree rings, conifers, *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica*, volcanic eruptions, display, long-lived trees.

При изучении биологических и природных изменений в биосфере дендрохронология как научная дисциплина о методах датирования событий и природных явлений, основанная на исследовании годичных колец древесины, не потеряла актуальность и в настоящее время. Хвойные растения *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica*, произрастающие в экстремальных условиях являются чувствительными индикаторами компонентов биосферы (рис. 1). Они создают удивительные ландшафты, встречаясь почти повсеместно на земном шаре, - в заполярной тундре и в высокогорьях, у границы альпийских лугов и у вечных снегов, занимают обширные территории суши в зоне тайги, смешанных и широколиственных лесов, произрастают в степи, в саванне, тропиках и субтропиках, полупустыни и пустыни. Живут сотни и тысячи лет и каждый прожитый год

они, словно скрупулезные и неутомимые летописцы, своими древесными кольцами, пишут непрерывную и подробную летопись Земли, природы и времени.

В благоприятных условиях древесина может сохраняться очень долго сотни и тысячи лет. Такую древесину можно назвать исторической или археологической – ее использование путем хронологической состыковки дендрошквал позволит создать непрерывную дендрохронологическую шкалу протяженностью несколько десятков тысяч лет, а использование ископаемой законсервированной самой природой древесины («мореная», «болотная», «ледниковая», «угольная» и «окаменевшая») позволят продлить дендрохронологическую шкалу до нескольких сот тысяч лет. А это огромный банк разнообразных данных о жизни Земли, Солнца и Космоса, эволюции ландшафтосферы и биосферы.



Рис. 1. *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica*

За прошедшее время сформировалось разветвленные научные направления – дендрохронология, дендроклиматология, дендроиндикация, выполнено немало интересных и ценных по полученным результатам работ.

Данное исследование направлено на поиск новых направлений использования дендрохронологической информацией в ее простейшем варианте – через ширину годичных колец (прирост по радиусу или радиальный прирост).

Чрезвычайные дымопылевые аэрозольные загрязнения атмосферы и стратосферы относятся к категории опасных экологических бедствий и обуславливаются причинами естественного и антропогенного происхождения. Естественные – это падение на Землю больших астероидов и метеоритов, мощные взрывные извержения вулканов, экстремально большие лесные и торфяные пожары в сверхсухие годы, катастрофические по масштабам пыльные бури и ураганы.

Ученые-климатологи обращают все возрастающее повышенное внимание к мощным извержениям вулканов и другим атмосферным катастрофам как одной из главных причин резких изменений климата на планете и флуктуациям в эволюции биосферы [1-5].

В качестве наглядного примера влияния мощных взрывных извержений вулканов на задымление и загрязнение атмосферы и стратосферы вулканическим аэрозолем (дым, пепел, газы) на рисунке 1 показано снижение прямой солнечной радиации, достигающей поверхности Земли после крупных извержений, происшедших на стыке XIX и XX столетий: вулкан Кракатау и другие [1].

Сразу же после извержений приток прямой солнечной радиации повсеместно на Землю снижается на 10-20%, который постепенно восстанавливается в течение 2 - 4 лет. Последствием таких серьезных воздействий, является поступление света и тепла на изменения климата, циркуляционные процессы в ат-

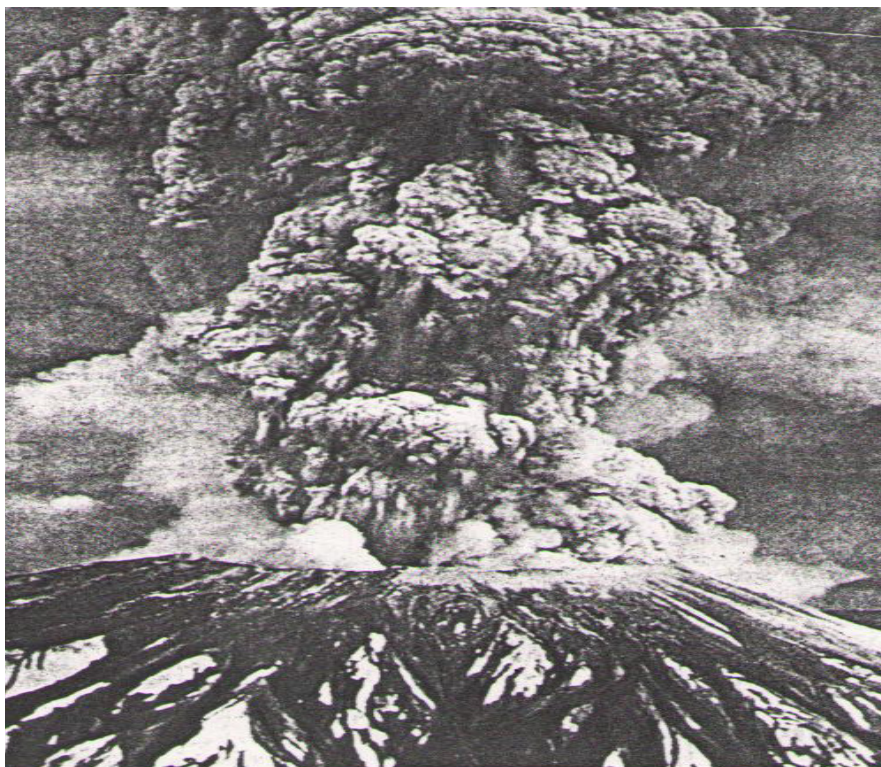


Рис. 2. Вид извержения вулкана. Выброс дыма и пепла

мосфере, изменения в спектральном составе света и в жизни биосферы.

Дендроклиматология как раздел науки, возникла как следствие реакции деревьев, их фотосинтетической деятельности (в количественном и качественном отношении) на изменения атмосферы, погоды, климата и биосферы [10, 11, 19, 20]. Вполне можно увязать одну из главных первопричин изменений климата – крупные взрывные извержения вулканов, - с ростом деревьев, тем более, что даты большинства извержений за последние 200 - 300 лет точно известны, а деревья фиксируют изменения в биосфере с высочайшей точностью до 1 года – недоступной пока никаким другим методам. Если такая связь есть и она достаточно устойчива, то открывается возможность «реконструировать» единую глобальную шкалу «дендролетописи» крупных взрывных (пироксизмальных) извержений вулканов Земли за очень длительный промежуток времени, когда инструментальных

наблюдений за извержениями и фиксированием их в летописях не велось.

Извержения вулканов – проявление грозных сил природы (рисунок 3); их внезапность, эпизодичность и непредсказуемость, сопровождающаяся огромными материальными разрушениями и гибелью людей, их проявления относятся к особо опасным стихийным явлениям природы.

Создание единой глобальной хроношкалы извержений за многие годы в прошлом позволит выявить цикличность извержений, их прогнозируемость, другие закономерности, а в целом - повысить безопасность человечества. Вулканы способны выбрасывать в атмосферу и стратосферу на высоту 20 - 30 км и более, десятки и даже сотни кубокилометров пирокластов – твердых, жидких и газообразных веществ (дым, пар, газы, пепел и др.) в виде мельчайших частиц аэрозоля величиной с десятые доли микрометра, которые разносятся ветровыми потоками и струйны-

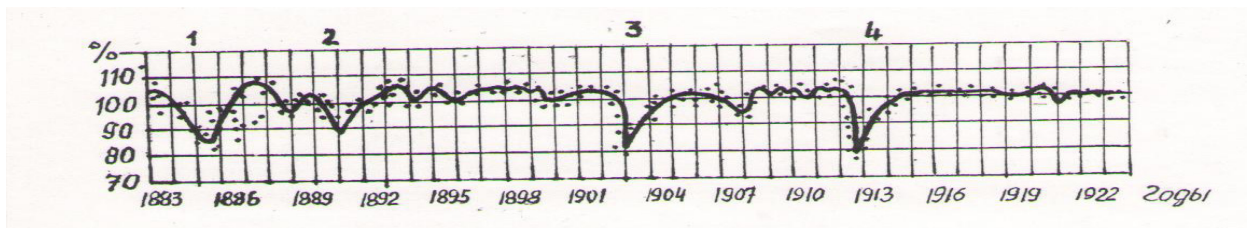


Рис. 3. Снижение потока прямой солнечной радиации после крупных извержений вулканов: 1- Кракатау, 1883; 2- Богослов, 1890; 3 -Мон-Пеле и Санта-Мария, 1902; 4- Катмай, 1912 [2]

ми стратосферными течениями над всем полушарием (северным или южным), если извержение произошло в высоких широтах или по всему земному шару при извержениях в экваториально-тропическом поясе [6, 12]. О длительности существования и влиянии такого стратосферного аэрозоля сообщалось выше.

Дендроиндикации взрывных извержений вулканов посвящена небольшая литература. Возможно, это связано с трудностью подбора достаточно информативных моделей. В России исследования по влиянию извержений вулканов Камчатки на прирост местных деревьев изучал Ловелиус Н.В. [11]. По его данным, падение прироста деревьев, произрастающих в непосредственной близости от вулканов отчетливо прослеживается за несколько лет до его извержения, что автор связывает с усилением «курения», ухудшением газового состава воздуха и изменением метеорологической обстановки, ослаблением притока прямой солнечной радиации. Самые большие уменьшения отмечены в год извержения; он продолжает оставаться низким еще 2-3 года и лишь на 3-4 год начинается увеличение прироста (возможно деревья испытывают «стресс» или находятся в состоянии долговременного отравления). Полное восстановление прироста происходит через несколько лет.

Хргиан А.Х. проанализировал влияние извержений Агунга (в 1963 г.), Катмай (1912), Кракатау (1883) и Геклы (1783) на прирост деревьев, отобранных им из публикаций [18].

Полученные материалы не дают оснований для однозначного вывода, имеются как положительные, так и отрицательные воздействия на прирост. Автор

делает вывод, что «существуют, вероятно, области (и породы деревьев), где ослабление радиации может быть и неблагоприятно, и полезно для прироста». Японский климатолог Сидо Д. [2] построил дендрограмму кипариса, спиленного на о.Формоза в возрасте 1030 лет; дендрограмма совмещена с данными извержений вулканов, землетрясениями и неурожаями. Четкой зависимости прироста от извержений получить не удалось очевидно из-за того, что дерево росло в сравнительно благоприятных условиях и вулканические извержения «затенялись» влиянием местных условий, более значимых в жизни дерева.

Анализ приведенных данных показывает, что далеко не все деревья способны информативно реагировать на крупные взрывные извержения вулканов. Деревья, растущие в сравнительно благоприятных лесорастительных условиях («благополучные»), как правило, не чувствительны к извержениям; вулканические выбросы не являются для них первопричинными, определяющими величину прироста, они «завуалированы» местными (вторичными) условиями. Поэтому отбор модельных деревьев для дендроиндикации вулканических извержений должен осуществляться целенаправленно и тщательно. Мы пришли к выводу, что только деревья, произрастающие в крайне суровых условиях высокогорий на пределах ареала и где в качестве определяющих минимум-факторов выступают 3 фактора в такой последовательности – световое излучение Солнца, тепло и влага, - только эти деревья являются высокочувствительными дендроиндикаторами крупных взрывных извержений вулканов (биосенсоры, биоадапторы).

Для изучения этой связи были отобраны две дендрограммы. Модельных деревьев, произрастающих на Азиатском континенте бывшего СССР в резко различных условиях на границах своего ареала (рисунок 4).

Первая дендрограмма (рисунок 5) снята с дерева сосны обыкновенной, подвид кулундинский (*Pinus*

sylvestris L.); росло оно в исключительно жестких высокогорно-полупустынных условиях скальных боров на высоте 1100 - 1300 м Южного Казахстана горно-лесного массива Бахты, Кувского лесхоза (близ г. Каркаралинска) Карагандинской области [16].

Дерево (рисунок 6) возрастом около 250 лет, высота 12 м., диаметр на высоте груди 27 см, крона



Рис. 4. Места произрастания модельных деревьев в экстремальных условиях на границах ареала:
 А- Сосна обыкновенная, горы Бахты, Каркаралинский район, Казахстан;
 Б – Лиственница Гмелина, горы Путоран, Сибирь, РФ.

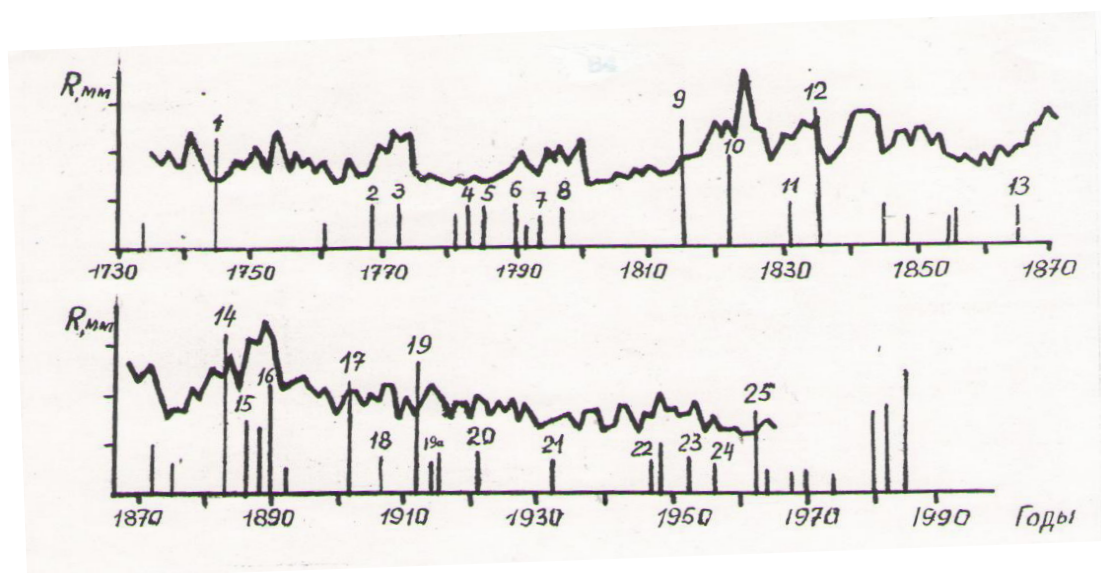


Рис. 5. Дендрограмма прироста сосны по радиусу, совмещенная с хронограммой извержений вулканов на Земле



Рис. 6. Условия произрастания сосны в горах Бахты, на матрацевидных гранитах. Карагандинская область

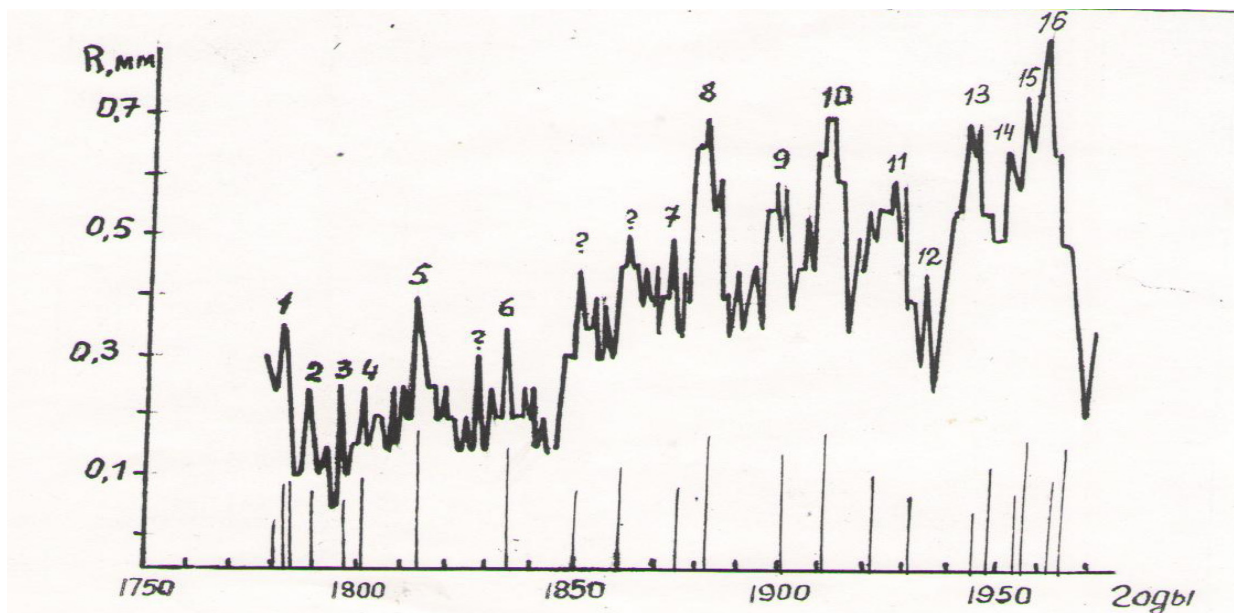


Рис. 7. Дендрогамма прироста *Larix sibirica* L. в горах Пutorана, Сибирь, совмещенная с хронологией извержений вулканов

нормальная. Почвенный покров фрагментарный, слабовыраженный с крупнообломочным гранитным материалом. Материнская порода – матрацевидные граниты, травяной покров редкий, ксерофиты. Массив Бахты относится к полупустыне, климат резкоконтинентальный, средняя температура воздуха 5,3°С, осадков выпадает 230-300 мм.

Спил сделан на высоте 0,5 м летом 1965 г. А.Д.Токаревым (КазНИИЛХ) и любезно предоставлен автору для дендрохронологического анализа.

Вторая дендрограмма (рисунок 6) по лиственнице Гмелина (*Larix sibirica* L.) отобрана для анализа из опубликованной работы Н.В.Ловелиуса [11].

Деревья произрастали в горах Путорана, заполярье Центральная Сибирь, 1500 м над уровнем моря. Почвенный покров неразвитый, на трещиноватом, скальнообломочном рухляке с вечной мерзлотой. Климат резкоконтинентальный, арктический, суровый, лесорастительные условия крайне неблагоприятные.

На рисунке 7 приведена дендрограмма ежегодных приростов сосны с гор Бахты (Казахстан), совмещенная с датами наиболее крупных извержений вулканов. Она охватывает период с 1735 по 1965 г.- 230 лет. За это время на земном шаре произошло более 100 извержений.

Таблица 1

Сведения о крупных взрывных извержениях вулканов за период с 1740 по 1990 гг. (за 250 лет)

Наименование вулкана, местоположение	Дата извержения (месяц, год)	Ориентировочный выброс, км ³	Масса стратосферного аэрозоля, шт.	Относит. мощность выброса
Богослов (Аляска)	1768	10	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют
Папандоян (Ява)	1772	7	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют
Ключевая сопка (Камчатка)	1790	3 – 5	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют
Везувий (Италия)	1794	5 – 7	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют
Суфриер (Антильский Архипелаг)	1797	5	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют
Тамбора (близ о.Ява)	1815	50-70	сведения отсутствуют	2,7
Галунгчунг (Бабиан-Ява)	1822	15	сведения отсутствуют	0,6
Смит-Волкано	1831	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют	0,6
Косигуина (Никарагуа)	1835	50	сведения отсутствуют	
Неизвестные (по Боголепову) 0-10о ю.ш. и 50-60о с.ш.	1845	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют	1,0
Неизвестн. (по Боголепову), 0-10о ю.ш.	1865	7	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют
Морапы (о.Ява) + Везувий (Италия)	1872	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют	0,2
Ватна-Екуль (Исландия + Аскоя) (1975)	1875	сведения отсутствуют	сведения отсутствуют	0,3

Наименование вулкана, местоположение	Дата извержения (месяц, год)	Ориентировочный выброс, км ³	Масса стратосферного аэрозоля, шт.	Относит. мощность выброса
Кракатау (о. Ява-Суматра)	8-1883	50	25-55	1,0
Таравера (Новая Зеландия)	1886	сведения отсутствуют	10	сведения отсутствуют
Риттер (Ява-Суматра) + Бандай - Сан	7-1883	сведения отсутствуют	1-2	сведения отсутствуют
Богослов (Аляска)	1890	сведения отсутствуют	1	сведения отсутствуют

Таким образом, после извержений вулканов прирост хвойных растений *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica*, как правило, повышается, это длится 2-4 года; это отчетливо заметно несмотря на влияние других факторов. Ежегодные приросты за 3 года до извержения, в год извержения и за каждые последующие 4 года после извержения изменяются. Статистическая обработка этих временных рядов показывает на наличие устойчивой положительной связи прироста с фактом (событием) извержения вулканов, как в пределах каждого случая извержения, так и в среднем по отобранным 25 извержениям. Отчетливо прослеживается более низкий прирост у *Pinus sylvestris* в годы, предшествующие извержению: за 3 года до извержения в среднем 0,59 мм., за 2 года – 0,69 мм, за 1 год – 0,61 мм, а в среднем за эти годы 0,63 мм (принимая за 100% величину). В год до извержения прирост более высокий 0,75 мм, однако он выше среднего за предыдущие 3 года лишь в 18 случаях из 25; очевидно это связано с тем, что эффект воздействия извержения в эти 7 лет не проявился по ряду причин: либо извержение произошло поздно (июль-август и позднее), либо вулканический стратосферный аэрозоль еще не достиг широт произрастания сосны. Но уже на следующий год после извержения и в последующие годы прирост достиг величины 0,80 мм (119% от прироста до извержения). На 2-ой год – 0,76 мм, на 3-ий – 0,85% и на 4-ый 0,71 мм. Из этих данных видно, что в год извержения и в последующие 3-4 года прирост сосны в 25 случаях извержений оставался устойчиво высоким – на 13-35% выше среднего за 3 года до извержения. Вызывает интерес двухвершин-

ность кривой (рисунок 8) – почему на 3-ий год после извержения, когда по исследованиям вулканологов, метеорологов и геофизиков вулканический стратосферный аэрозоль рассеивается вдруг началось опять повышение прироста?

Дендрохронология хвойных растений после наиболее крупных извержений позволила провести ранжирование и выявить их влияние. Действительно, на 2-3 год после извержения вулканический стратосферный аэрозоль рассеивается и эффект его воздействия на прирост сосны ограничивается 3 годами. Все дело в выборке: в число 25 отобранных извержений вошли и очень мощные, а также серии (каскады) извержений (несколько извержений подряд, выбросы которых как бы подпитывают сформировавшийся ранее вулканический аэрозоль). Серии высоких приростов приходятся на годы после извержения Богослова, 1768-1775 гг., Тамборы - Голунгчунга 1815-1828 гг., Смит-Волкана и Косигуины 1831-1844, Кракатау-Тараверы-Богослова 1883-1892 гг.; Мон-Пеле-Санта - Мария Ксудача, 1902-1909 гг. Влияние сверхмощных и серийных извержений на прирост приведено в табл. 3 и графически на рис.7б. За время существования аэрозольного стратосферного слоя и его влияние на прирост составляет 7 - 11 лет, а максимум прироста приходится на 6-9 годы (следствием чего и явилась «двухвершинность» кривой (рисунок 7а). Деревья, произрастающие в определенных экстремальных условиях на границах своего ареала, являются глобальными индикаторами крупных взрывных извержений вулканов, они реально могут осуществлять биомониторинг экологических атмосферных катаст-

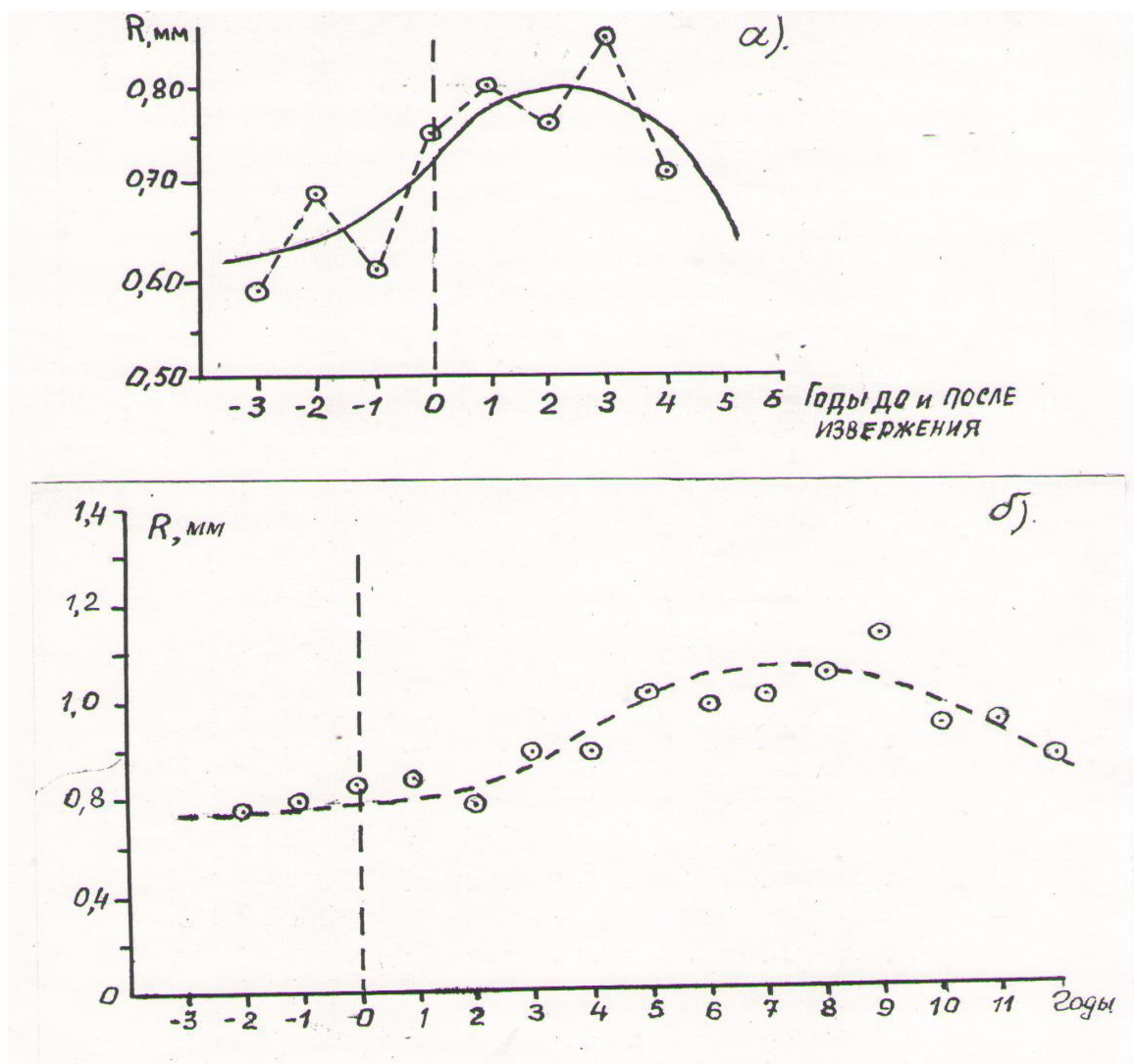


Рис. 8. Характеристика особенностей прироста *Pinus sylvestris* до, в период и после извержений вулканов (а – среднее по всем извержениям, б – по наиболее крупным)

роф, вызванных чрезмерным задымлением и загрязнением стратосферы аэрозолем естественного (земного), космического (метеориты, астероиды и т.д.) или антропогенного происхождения. Для этих целей можно привлечь материалы дендрограмм с деревьев, произраставших в соответствующих экстремальных условиях.

Модельные деревья росли в горах Путорана (Центральная Сибирь, заполярье, 200 км восточнее г. Норильска). Эта дендрограмма совмещена со шкалой крупных извержений вулканов. Совпадение очень

существенное, некоторое систематическое смещение на 2-3 года очевидно связано с «выпадением» колец в чрезвычайно неблагоприятные годы. И здесь, в высокогорном заполярье прослеживается прямая зависимость прироста от извержений, причем пропорционально мощности извержений (количеству выброшенного в стратосферу аэрозоля): наивысшие «пики» прироста приходятся на извержение Богослова 1768, Тамборы 1813, Косигуины 1833, Кракатау 1883, Катмай 1912, Агунга 1963. Продолжительность повышенного прироста составляет 2-3 года.

Выброс в стратосферу огромного количества пепла, дыма и газа приводит к резкому снижению прямой солнечной радиации, а через нее – к резким климатическим изменениям. Как правило, они сопровождаются похолоданием в средних широтах; летние вегетационные периоды становятся холодными, зимы

ниже прироста *Pinus sylvestris* (Казахстан, Бахты), дан прогноз возможного хода прироста в эти годы (рисунок 9), который соответствует установленным закономерностям. Прогнозируемый ход прироста с фактическим выявил закономерности флуктуаций прироста от вулканического стратосферного аэрозоля.

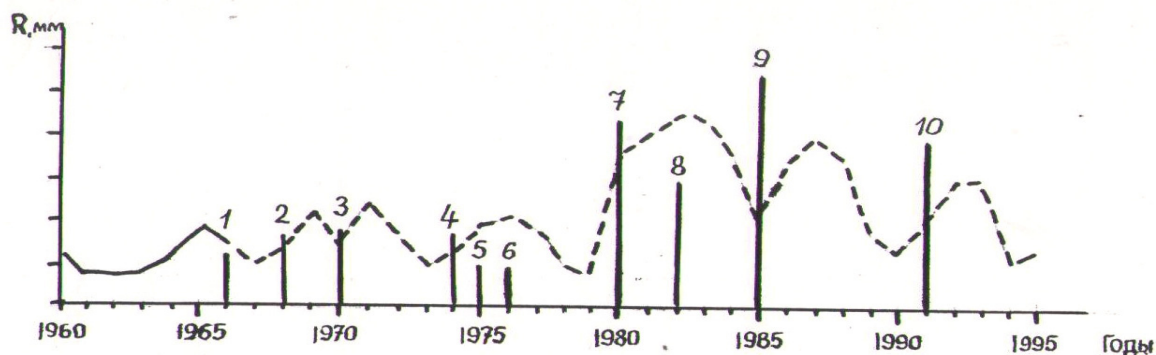


Рис. 9. Прогнозируемый прирост *Pinus sylvestris* (Казахстан, Бахты)

особенно в высоких широтах, теплыми. В эти годы снижаются урожаи зерновых культур, снижаются приросты деревьев, растущих в равнинных условиях (там, где лимитирующим минимум – фактором выступает тепло). А вот на приведенных дендрограммах с деревьев, произрастающих в экстремальных высокогорьях, прирост увеличивается. Следует отметить, что после извержений вулканов лесорастительные условия в экстремальных высокогорьях существенно улучшаются: возможно смягчается температурный режим, улучшается увлажненность. Наряду со снижением прямой солнечной радиации, вулканический слой резко снижает поток жесткого ультрафиолетового излучения, который отрицательно влияет на фотосинтетические процессы. Удельное значение длинноволновой радиации при фотосинтезе возрастает. В будущем в этом направлении необходимо провести специальные исследования, что важно и в выявлении воздействия «озоновых дыр» на растительность.

Одна из главных целей науки – дать надежный сверхдолгосрочный прогноз. Дендрохронология является важным инструментом прогнозирования. Основываясь на выявленной закономерности повыше-

Заключение

Хвойные растения – (*Pinus sylvestris* и *Larix sibirica*), произрастающие в крайне жестких лесорастительных условиях в высокогорьях полупустыни и заполярья, являются высокочувствительными естественными биоиндикационными системами, способными информативно регистрировать в глобальном масштабе мощные взрывные извержения вулканов (с минимальным выбросом 0,3-0,5 км³ пирокластов). Дендроинформация (дендрошкалы), полученные с таких деревьев являются надежными высокоинформативными естественными летописцам глобального экологического мониторинга биосферы.

Установлено, что в высокогорьях Заполярного Путорана на 80-90%, а в горах Бахты полупустынной зоны Карагандинской области (Казахстан) на 60-70% флуктуации прироста хвойных деревьев связаны с крупными взрывными извержениями вулканов планеты. За период 1740-1970 гг. (за 230 лет) большинство из 25 крупных глобальных извержений вызвало повышение прироста взятых модельных деревьев.

Выявлено, что прирост деревьев за 2-3 года до крупного извержения следует принимать в качестве

контрольного. В год извержения прирост частично повышается (за 230 лет из отобранных 25 извержений 18 дали повышение прироста или 72%- это зависит от времени извержения и местоположения вулкана, мощности выброса и т.д.). В последующие 1-3 года прирост увеличивается в 1,2- 1,6 раза и больше.

Проведен анализ, который выявил, что грандиозные по мощности извержения (такие как Тамбора 1815 г., Голунгчунг 1822г., Косигуина 1835, Кракатау

1883, а также некоторые серии извержений, выбрасывающие в сумме свыше 20-30 км³ пиропластов в атмосферу (за 1740-1960 гг. таких было 5-7 случаев) способны повышать урожай, прирост деревьев в 1,3-3,0 раза в течение 6-8 лет и больше (до 10-11 лет).

Таким образом, дендрохронология как научная дисциплина о методах датирования событий и природных явлений, основанная на исследовании годовых колец древесины не потеряла актуальность и в настоящее время.

Список литературы

1. Апродов В.А. Вулканы. М., Мысль, 1982, 367 с.
2. Аракава Х. Изменения климата. Л., Гидрометеиздат, 1975, 104 с.
3. Боголепов М. Наступающие возмущения климата (по историческим данным). М., Госиздательство, 1921, 30 с.
4. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Экстремальные природные явления в русских летописях XI-XXI веков. Л., Гидрометеиздат., 1983.
5. Будыко М.И., Пивоварова З.И. Влияние вулканических извержений на приходящую к поверхности Земли солнечную радиацию. Метеорология и гидрология, 1967 №10, с. 3-7.
6. Будыко М.Н. Эволюция биосферы. Л., Гидрометеиздат, 1984, 488 с.
7. Вулканы, стратосферный аэрозоль и климат Земли. (Под ред. С.С.Хмелевцева). Л., Гидрометеиздат, 1986.
8. Гущенко И.И. Извержения вулканов мира (каталог) М., 1979.
9. Деревянная летопись извержений. Наука и жизнь 1984 №8, с. 158-159.
10. Костин С.Н. Колебания климата в Центральной лесостепи Русской Равнины. Научные записки Воронежского ЛТИ, т. XX1. Воронеж 1960, с. 63-70.
11. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Л. «Наука» Ленинградское отделение 1979, с. 232.
12. Логинов В.Ф., Кравчук Е.Г. Связь вулканических извержений с изменением климата. Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск «Наука», Сибирское отд-ние 1986, С. 123-126.
13. Лонго Дж. Живые свидетели Тунгусской катастрофы. Природа 1996, №1 с. 40-47.
14. Меттьюз С. Что происходит с климатом? За рубежом, 1977, №1 с. 19-21.
15. Резанов И.А. Великие катастрофы в истории Земли. М., Наука, 1984, 176 с.
16. Семенютина А.В., Свинцов И.П., Таран С.С., Кружилин С.Н., Хужахметова А.Ш., Семенютина В.А., Ульянов Д.В. Принципы формирования фонда посадочного материала биоразнообразия древесных видов для улучшения экологической ситуации малолесных регионов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2014. №7-8. С. 56-74.
17. Токарев А.Д. Типы условий произрастаний и лесная растительность низкогорья Бахты. Труды КазНИИЛХА т.УП из-во Кайнар, Алма – Ата 1970, с. 36-43.
18. Хмелевцев С.С. Влияние аэрозоля на современные изменения климата. Метеорология и гидрология, 1987, №11, с. 59-65.
19. Хргиан А.Х. О методах дендроклиматологии в изучении истории климата. Метеорология и гидрология 1981, №11 с.18-29.
20. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. М. изд-во «Мысль», 1973, с. 349.
21. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М. «Наука», 1986, с. 136.
22. Шведов Ф.Н. Дерево как летопись засух. Метеорологический вестник, 1892.