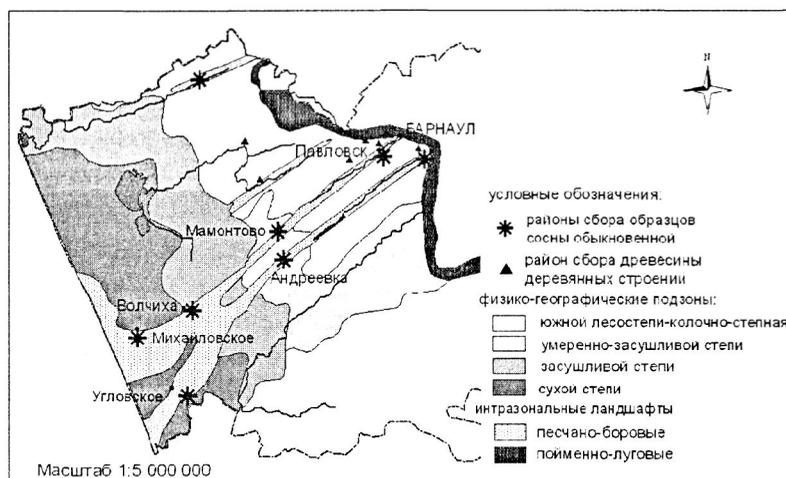


## ДЕНДРОИНДИКАЦИЯ ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЮГА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Н.В. Малышева, Н.И. Быков \*

*Статья посвящена возможности изучения природных процессов геосистем юга Западно-Сибирской равнины методом дендроиндикации. Основной акцент сделан на изучение индикационных связей годовых колец сосны обыкновенной ленточных боров и климатического режима территории Алтайского края. Проанализирована связь между шириной годовых колец деревьев и урожайностью естественных сенокосов. Рассмотрены проблемы построения длительных древесно-кольцевых хронологий на южной границе леса.*

Климатические колебания являются одним из главных факторов, определяющих ход природных процессов и функционирование как естественных, так и искусственно созданных геосистем. Изучение климатического и тесно связанного с ним гидрологического режимов методом дендроиндикации имеет ряд преимуществ. Возможно изучать территорию, не охваченную сетью инструментальных наблюдений, и в продолжительном временном отрезке. Наиболее перспективны дендроиндикационные исследования на границах лесных сообществ, которые сформировались под действием изучаемого фактора (индиката). В связи с этим для исследования была выбрана южная климатическая граница леса на юге Западно-Сибирской физико-географической страны в пределах Верхнеобской и Кулундинской провинций. Непосредственно были исследованы ленточные боры Алтайского края, сформировавшиеся в ложбинах древнего стока. Данные боры пересекают две отличные по своей природе зоны: южную лесостепь и степь от умеренно-засушливой до сухой (рис. 1).



**Рис.1. Карта-схема мест сбора материала**

В качестве индикационного показателя была выбрана ширина годовых колец сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). В работе проанализировано 150 буровых образцов сосны обыкновенной, отобранных с ныне растущих деревьев в трех ленточных борях в 2003-2005 годах, и 80 образцов с деревянных строений (табл. 1).

Таблица 1

### Характеристика районов исследования

Название сосновой ленты	Название района	Координатная привязка	Физико-географ. подзона	Количество модельных деревьев	Древесно-кольцевая хронология
1	2	3	4	5	6
Бурлинский	Панкрушихинский	53°52' с.ш. 80°28' в.д.	южная лесостепь	10	04Pd
Касмалинский	Павловский	53°19' с.ш. 83°01' в.д.	южная лесостепь	10	04Pv

\* © Н.В. Малышева, Институт водных и экологических проблем, г. Барнаул; Н.И. Быков, Алтайский государственный университет, г. Барнаул, 2006.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
Касмалинский	Мамонтовский	52°47' с.ш. 81°50' в.д.	умеренно-засушливая степь	5	03M
	Волчихинский	51°59' с.ш. 80°25' в.д.	засушливая степь	10	03W
	Михайловский	51°49' с.ш. 79°50' в.д.	сухая степь	5	04Mh
Барнаульский	Пригород Барнаула	53°15' с.ш. 83°40' в.д.	южная лесостепь	10	03B
	Шипуновский	-	умеренно-засушливая степь	10	05A
	Угловский	51°19' с.ш. 80°21' в.д.	сухая степь	5	03U
	Угловский	51°17' с.ш. 80°23' в.д.	сухая степь	10	04U

Для элиминации возрастного тренда были вычислены индексы прироста на основе формулы экспоненциальной аппроксимации:

$$In = y_n / ae^{bxn} * 100\%$$

где  $In$  – индекс прироста в год  $n$ ,  $y_n$  – ширина годичного кольца в год  $n$ ,  $x_n$  – номер года  $n$ ,  $a$ ,  $b$  – значения, взятые из уравнения экспоненциального тренда.

В результате были получены стандартизированные ряды значений (индексы) по каждому дереву. Отмечены пониженные значения коэффициента синхронности (от 59 до 70 %) и корреляции (от 0,27 до 0,64) между дендрохронологическими рядами. Это характерно для прироста деревьев на южной границе леса, где возрастает значение изменчивости локальных микроусловий в пределах одних местообитаний. В результате осреднения индивидуальных древесно-кольцевых серий было получено 9 обобщенных хронологий. При этом обеспеченность серий индивидуальными хронологиями уменьшается с возрастом, в связи с чем в хронологии были введены поправки на неоднородность по [Шиятов, 1986]. Основные статистические характеристики хронологий приведены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические характеристики древесно-кольцевых хронологий

Обобщенная хронология	04Pd	04Pv	03M	03W	04Mh	03B	05A	03U	04U
Продолжительность ряда	121	138	152	127	163	122	128	116	152
Обеспеченность ряда всеми модельными деревьями, в %	75	50	80	57	55	60	72	91	52
Норма к вариации, в %	16,08	20,69	22,22	25,32	23,99	25,76	15,97	29,54	28,19
Стандартное отклонение	22,57	25,78	29,61	27,66	27,8	29,85	17,25	31,08	50,39
к чувствительности	0,16	0,13	0,17	0,17	0,16	0,15	0,13	0,15	0,12
Среднее арифметическое ряда	105,1	107,3	108,4	105,2	108,5	99,87	104,8	106,3	116,1

Анализ кривых ширины годичных колец позволил выделить годы с наименьшим и наибольшим приростом, которые могут свидетельствовать об экстремальных климатических событиях. Так, минимумы прироста на южной границе леса отмечались в засушливые годы и с некоторым запазданием (рис. 2).

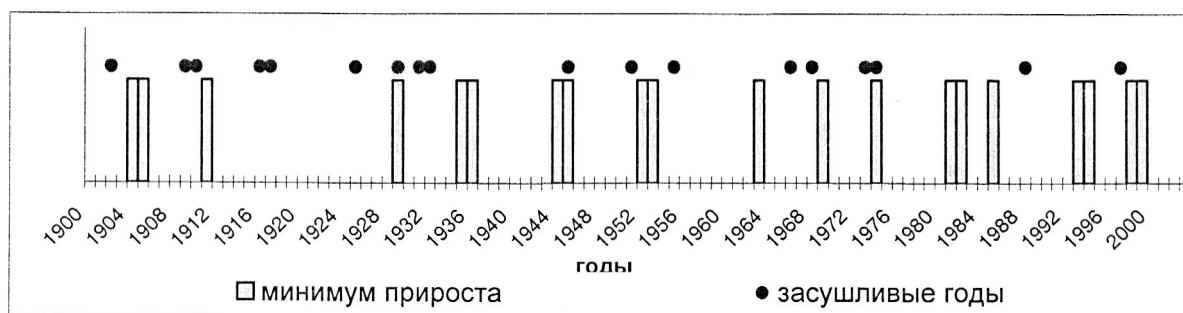


Рис. 2. Связь минимального прироста сосны с засушливыми годами

Анализ влияния климатических колебаний на прирост выполнялся как расчет корреляции (в программе Microsoft Excel) рядов индексов с месячными, сезонными, годовыми величинами температуры воздуха и осадков метеостанций Барнаул, Волчиха, Мамонтово, Угловское, также были использованы интегральные показатели увлажнения (радиационный индекс сухости Будыко, показатель увлажнения Шашко).

Наблюдается следующая зависимость обобщенных древесно-кольцевых серий с климатическим режимом территории. Температурный режим, как правило, на южной границе леса ограничивает прирост. Однако рост температуры в апреле ускоряет начало вегетации, вызывая активное снеготаяние, что способствует насыщению почвы влагой и увеличению роста дерева. В мае температура начинает быстро нарастать, увеличивается дефицит влажности воздуха и подавляюще действует на прирост. Существенное значение для радиального роста деревьев имеют температуры июня и июля текущего года ( $r = -0,20 - -0,41$ ), а также средняя температура за вегетационный период. Отмечены связи прироста с температурой августа предыдущего года (корреляция от  $-0,14$  до  $-0,51$ ), что особенно ярко проявляется на юго-западе исследуемой территории. Большое влияние на прирост оказывают среднегодовые температуры прошлого года (коэффициент корреляции до  $-0,47$ ).

Связи величины радиального прироста и количества осадков преимущественно положительные. Отмечены реакции прироста на осадки как текущего года, так и с запаздыванием от 1 до 2 лет, что отмечалось ранее [Матвеев С.М., 2004]. Наибольшее влияние осадков на рост сосны текущего года проявляется в июне-июле (коэффициент корреляции равен  $0,20-0,51$ ), причем в июне – в северной части края, в июле – в центральной и южной. Выявлена связь осадков августа (корреляция  $0,25-0,54$ ) с приростом следующего года.

Коэффициенты увлажнения территории имеют с величиной прироста сосны ленточных боров наиболее тесные связи (положительные – с показателем увлажнения Шашко, отрицательные – с радиационным индексом сухости Будыко). Максимальная значимость данного фактора была выявлена для хронологий из Шипуновского (коэффициент корреляции равен  $0,52$  и  $-0,50$  соответственно) и Волчихинского ( $0,56$  и  $-0,48$  соответственно) районов Алтайского края. При этом наблюдается запаздывание реакции роста на 1 год. Таким образом, можно сказать, что прирост сосны на южной границе леса лимитируется совокупностью факторов, прежде всего, режимом осадков и температурным режимом вегетационного периода [Магда, 2003].

Колебание общей увлажненности территории ярко характеризуются колебаниями уровней озер. Сравнение древесно-кольцевых хронологий с рядами уровня воды Кулундинского, Кучукского и Горько-Перешеечного озер показало несовпадение их экстремумов. Наибольшая прямая связь отмечена при смещении рядов прироста относительно уровня озер на 1-2 года вперед (коэффициент корреляции в среднем равен  $0,38-0,46$ , максимальный  $0,75$ ) и обратная связь, соответственно, при смещении назад в среднем на 4 года (коэффициент корреляции колеблется от  $-0,38$  до  $-0,60$ ).

При анализе связи прироста сосны ленточных боров с расходом воды рек Бурла, Кулунда, Кучук, Касмала выявлена положительная корреляция (коэффициент от  $0,23$  до  $0,58$ ).

Использование древесно-кольцевых хронологий для индикации природных процессов во времени позволяет провести как ретроспективный анализ, так и прогноз изменения природной обстановки в будущем. Для реконструкции климатического и гидрологического режимов были выбраны показатели, которые наиболее тесно связаны с величиной прироста сосны ленточных боров (коэффициенты корреляции от  $\pm 0,50$  до  $\pm 0,70$ , достоверность связи проверена по [Червяков, 1998]). С использованием уравнения регрессии было проведено восстановление хода некоторых природных процессов, методом экстраполяции цикличности процесса был сделан прогноз изменений в будущем. Так, анализ реконструированного ряда режима осадков юго-западной части Алтайского края (рис. 3) показал, что с 2004 по 2010 гг. будет наблюдаться уменьшение годового количества осадков, с последующим ростом до 2017 г. Также подобные прогнозы были получены и для другого района южной границы леса [Оленин С.М., Мазепа В.С., 1987].



Рис. 3. Реконструкция и прогноз изменения годового количества осадков в районе с. Волчиха (Восточно-Кулундинская подпровинция)

Прогноз хода колебания уровня воды на основе восстановленного ряда по оз. Кулундинскому (рис. 4) указывает на падение уровня с 2002 по 2007 гг., затем рост до 2012 г. и последующее общее уменьшение до 2025 г.

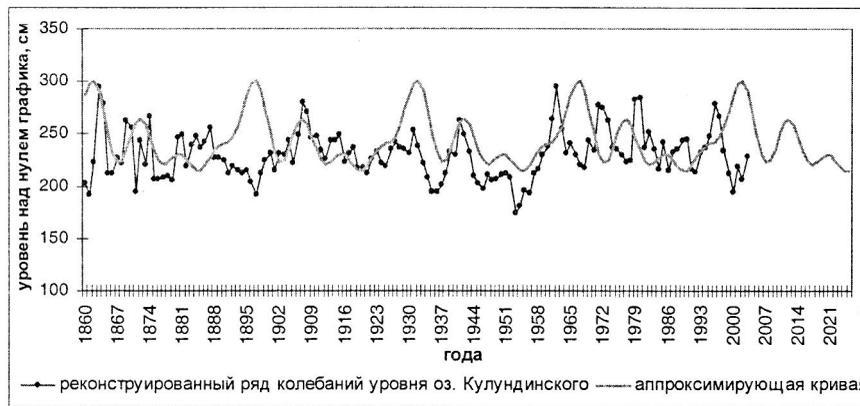


Рис. 4. Реконструкция и прогноз изменения уровня воды оз. Кулундинского

Хронологии годовых колец можно использовать не только для оценки климата в прошлом, но и для характеристики урожайности сельскохозяйственных культур, а также изменения кормовой базы для животноводства. Нами, в частности, проанализирована связь радиального прироста с урожайностью естественных сенокосов, поскольку влияние на неё аграрных технологий минимально. При этом наиболее удобно использовать сводные таблицы урожайности по административным районам. В этом случае ликвидируются случайные неклиматические ошибки. С другой стороны, небольшие размеры районов позволяют выбрать для анализа те из них, в которых влияние интразональных факторов минимально.

Анализ связи между урожайностью естественных сенокосов и индексами ширины годовых колец показал, что обобщённые хронологии самую тесную связь демонстрируют с наиболее близкими районами. Например, хронология Павловского района имеет лучшие связи со средней урожайностью естественных сенокосов Баевского района (коэффициент корреляции 0,42). Сравнение графиков обобщённых хронологий и урожайности часто показывает несовпадение экстремумов с запаздыванием реакции радиального прироста сосны на 1-2 года. Особенно это характерно для максимумов прироста. Смещение обобщённых хронологий на 1-2 года часто резко увеличивает тесноту связи («Волчиха» - коэффициент корреляции 0,52). Ещё теснее связь становится после процедуры сглаживания показателей урожайности по трём годам. Например, хронология «Волчиха», смещённая на один год назад, с показателями урожайности естественных сенокосов, сглаженными по трём годам, увеличивают корреляцию до 0,65.

Построение длительных древесно-кольцевых хронологий на южной границе леса сопряжено с рядом трудностей: непродолжительностью жизни деревьев (150-200 лет), плохой сохранностью древесины отмерших деревьев, низкой и средней синхронностью индивидуальных хронологий и слабой их обеспеченностью, что затрудняет перекрестное датирование.

Для продления полученных хронологий в прошлое необходимо использование древесины давно погибших деревьев. На первом этапе наших исследований анализу подверглась древесина старых деревянных строений в сёлах Павловск, Касмала, Чернопятово, Черёмно-Подгорное, Рогозиха и Шарчино (Павловский и Тюменцевский районы Алтайского края). Кроме того, были изучены образцы с деревянного фундамента строения XVIII в. обнаруженного в ходе раскопок в центре г. Барнаула в 2005 г. Всего было отобрано и проанализировано 80 образцов. Подавляющая часть полученных индивидуальных хронологий приходится на XIX и начало XX вв., одиннадцать - на XVIII в. и четыре на XVII в. Самые ранние полученные нами кольца относятся к началу XVII в. Дальнейшее продление хронологии в прошлое затруднительно, поскольку в списке деревянных строений степной части Алтайского края практически отсутствуют памятники XVIII в. Источником необходимой древесины могли бы стать могилы русских первопоселенцев на Алтае. Однако раскопки последних здесь не ведутся.

Таким образом, анализ индикационных свойств годовых колец сосны обыкновенной, произрастающей на южной границе леса, показал возможность использования дендрохронологических шкал для восстановления различных природных процессов, обусловленных климатическим режимом. Построение длительных хронологий позволит расширить временные рамки реконструкций природных обстановок, тем самым повысив достоверность прогноза развития современных геосистем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магда В.Н. Радиальный прирост древесных растений как показатель увлажнения на юге Сибири: автореф. дис... канд. биол. наук / В.Н. Магда. - Красноярск, 2003. - 21 с.

2. Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния экосистем сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в лесостепи: дис... д-ра биол. наук / С.М. Матвеев – Воронеж, 2004. – 456 с.
3. Оленин С.М. Климатически обусловленная динамика радиального прироста сосны в ленточных борах Казахстана и ее прогноз / С.М. Оленин, В.С. Мазепа // Временные и пространственные изменения климата и годовые кольца деревьев. Ч. 2. - Каунас, 1987. – С. 53-60.
4. Червяков В.А. Количественные методы в географии: учебное пособие / В.А. Червяков. - Барнаул: Изд-во Алтайского университета, 1998. – 259 с.

## DENDROINDICATION OF NATURAL PROCESSES OF GEOSYSTEMS ON THE SOUTH OF WESTERN SIBERIAN PLAIN

N.W.Malysheva, N.I.Bykov

*This article is about possibility of the studying by the dendroindication method of natural processes of geosystems on the south of Western Siberian plain. Studing of indicational communications of pine's tree rings from pine forests and climatic regime of Altai region territory has basic accent in article. The communication between ring width of trees and crop capacity of natural haymakings is analysed. The problems of constructions of the long chronologies, which base on the ring width of trees, for the south timber line is examined.*

УДК 551.383.4

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПРИРОДНЫХ ОБСТАНОВОК ПРОШЛОГО В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ АЛТАЯ<sup>1</sup>

О.В. Останин<sup>\*</sup>

*В данной статье рассмотрены особенности использования торфяных отложений, глетчерных и погребенных льдов для реконструкций палеообстановок горных территорий. Приводятся данные наблюдений за термическим состоянием грунтов каменных глетчеров. Анализируется терминологический аппарат: каменные глетчеры рассматривают как ледниковые (гляциальные), мерзлотные (криогенные) и обвально-осыпные (гравитационные) образования.*

На современном этапе изучения горных регионов важна не только реконструкция динамики гляциальных и перигляциальных ландшафтов, охватывавших в неоплейстоцене высокогорные и среднегорные районы, но и выявление последовательности событий, происходивших при деградации оледенения и мерзлоты (во время межледниковий и особенно и послеледниковое время). Считалось, что в горах недостаточно подходящих объектов для решения этой задачи, поэтому планомерных исследований не проводилось.

Исследования последних десятилетий показали, что такие объекты в горах имеются и их не так уж мало [15]. К их числу относятся торфяные болота, озера, различные формы криогенного рельефа, находящиеся как в древнеледниковых областях, так и за их пределами. Для реконструкции палеообстановок горных территорий могут быть использованы торфяные отложения, озерные осадки и прослои растительного детрита, погребенные и современные почвы, а также глетчерные и погребенные льды.

В горах наиболее благоприятными для образования озер и болот являются речные долины, внутригорные и межгорные впадины и формы рельефа, выработанные оледенением (плато, покрытые мореной ледниковые цирки и кары и др.). Болотообразованию способствует и значительное количество осадков, выходы грунтовых вод. Велика роль криогенных форм рельефа, связанных с развитием термокарста, образованием каменных глетчеров, потоков и др. Вместе с тем, несмотря на столь обнадеживающую картину, Алтай в этом отношении пока исследован весьма слабо (за исключением некоторых отдельных участков).

Осадки современных озер Алтая в палеогеографическом отношении в настоящее время изучены недостаточно. Из известных работ можно упомянуть, пожалуй, только работы П.С. Бородавко по Центральному Алтаю [5, 6, 22] и серию работ по Монгольскому Алтаю [7, 8, 9 и др.]. В то же время осадки древних озер на территории Алтая изучены и продолжают изучаться. Прежде всего, это осадки известного палео-Чуйского озера (разрезы Чаган-Узун), древнего Аккольского озера, долины р. Джазатор (Южно-Чуйский хребет), озер

<sup>1</sup> Работа подготовлена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 05-05-64815). Автор выражает благодарность Н.Н. Михайлову за помощь в проведении исследований, за ценные замечания и рекомендации.

<sup>\*</sup> © О.В. Останин, Алтайский государственный университет, 2006