

УДК 630\*181.65

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВЫХ ХРОНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

**С.И. Шабанов,  
В.К. Тохтарь**

Белгородский государственный  
национальный исследователь-  
ский университет, Россия,  
308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail: : tokhtar@bsu.edu.ru

В связи с резким изменением гидрологического режима почв в насаждениях Житловского лесничества (Луганская обл., Украина) проведена дендрохронологическая реконструкция состояния сосны обыкновенной в древостоях урочища Мечетное за 30-тилетний период времени. Установлено, что кривая изменения радиального прироста разновозрастных деревьев за разные годы хорошо согласуется с изменением гидрологического режима в изученных экотопах. В статье проанализированы естественные и антропогенные причины состояния деревьев и насаждений *Pinus sylvestris* L.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., мониторинг, антропогенное воздействие, гидрологический режим.

### Введение

Одной из наиболее важных и актуальных задач современной ботаники и экологии является поиск и разработка достоверных биоиндикационных способов мониторинга состояния среды. Среди прочих подходов несомненными преимуществами перед другими методами обладают методы дендроиндикации, которые используют древесно-кольцевые хронологии для реконструкции и прогноза состояния окружающей среды. Применение этих методов позволяет проанализировать долговременные изменения среды, поскольку они основаны на фиксированных растениями реакциях, которые отражают многолетний характер природно-климатических или антропогенных изменений [1, 2].

Прирост отдельных деревьев и древостоев в целом является наиболее универсальным признаком их состояния. При оценке воздействия антропогенных факторов на лесные экосистемы нельзя обойтись без применения данной характеристики для анализа ситуации. Дендроклиматология базируется на хорошей «памяти» деревьев, которые в структуре, химическом составе и ширине годичных колец чётко фиксируют все изменения, происходящие как внутри экосистемы, так и во внешних условиях, определяющих их развитие.

Начатое в 50-х гг. в поймах рек юго-востока Украины строительство водозаборных сооружений с целью решения проблем водоснабжения приводит к значительному снижению уровня грунтовых вод. В зоне деятельности водозаборов образуются так называемые «депрессионные воронки». На таких участках уровень грунтовых вод снижается на несколько метров. Наиболее остро это прослеживается в пойме реки Северский Донец [3, 4]. В зоне воздействия водозаборных сооружений снижение уровня грунтовых вод достигает 5 и более метров. В таких условиях зеркало грунтовых вод формируется на несколько метров ниже уровня реки, а его наклон направлен не к реке, как это имеет место в природных условиях, а к центру депрессионной воронки.

У отмирающих деревьев отсутствует прирост кроны текущего года, наблюдается частичное отмирание вершинок и отдельных скелетных ветвей, сохраняется угроза массового размножения стволовых вредителей [4].

Эксплуатация водозаборных сооружений приводит к резкой трансформации гидрологических условий в направлении катастрофического снижения влажности почвы. Наиболее сильно это прослеживается на аллювиальных песках и супесях. В середине вегетационного периода влажность таких почв в большинстве случаев не превышает 5-8%. Такой уровень влажности зачастую даже ниже величины влажности увядания (уровня влажности почвы, недостаточного для продолжения роста). Учитывая, что уровень грунтовых вод на таких почвах даже в начале вегетационного периода не повышается, а потому не увлажняются верхние слои почвы, низкий уровень влажности является постоянным [3].

Основной целью исследования было изучение реакции прироста сосны обыкновенной в урочище Мечетное Кременского государственного лесохозяйственного хозяйства Луганской области (Украина) на многолетние изменения уровня грунтовых вод, вызванных интенсивной

эксплуатацией системы скважин Краснореченского водозабора, которые расположены на территории насаждений.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования были насаждения сосны обыкновенной в урочище Мечетное Кременского государственного лесохозяйственного хозяйства (Луганская область, Украина).

Эксплуатация системы скважин Краснореченского водозабора началась в 1992 г. Первоначально объём откачки воды составлял 7200 м<sup>3</sup> в сутки, в декабре 1994 г. объёмы забора воды были увеличены до 12000 м<sup>3</sup> в сутки, что повлекло образование депрессионной воронки глубиной свыше 5 м.

Дендрохронологический анализ насаждений различных классов возраста проводился на образцах, отобранных с пробных площадей, расположенных в выделах 5 (VIII класс возраста) и 11 (V класс возраста) квартала 5 Житловского лесничества, а так же выдел 1 кв. 5б того же лесничества. В качестве контрольного (фоновое) использованы насаждения VIII класса возраста Кудряшовского лесничества того же лесхоза. Все указанные насаждения I бонитета, с первоначальным типом условий произрастания В<sub>2</sub> (свежая суборь). В исследуемом насаждении (выд. 11 кв. 5) заложен почвенный разрез. Твёрдость и объёмная масса почвенных слоёв не препятствуют развитию корневых систем. Однако основная масса корней сосредоточена в верхнем слое почвы до глубины 40-60 см, глубже корни не проникают. Уровень грунтовых вод находится на глубине свыше 2 м.

Отбор образцов производился возрастным буром на высоте 1.3 м по 1-2 с каждого дерева в количестве 23-25 штук на каждой пробной площади. Измерялась и анализировалась только общая ширина годичного кольца без разбивки на раннюю и позднюю зоны.

Построенные древесно-кольцевые хронологии полностью отвечают общепринятым в дендроклиматологическом анализе требованиям [6].

### Результаты и обсуждение

Анализ многолетних данных позволил установить, что уже весной 1995 г. произошло массовое усыхание сосновых насаждений в зоне деятельности водозабора – урочище Мечетное, а также в насаждениях лесничества, примыкающих к пойме реки Красная. Усыханием были охвачены насаждения сосны общей площадью 547.3 га, в том числе в первый год полностью погибли 21,9 га насаждений, диффузным усыханием в различной степени (от 10 до 40%) было охвачено 525.4 га, из них в последующие годы погибли ещё 5,2 га насаждений. При этом в число погибших не включены значительные площади прогалин, образовавшихся в результате выборочных санитарных рубок, прежде всего в юго-западной части урочища (рис. 1).



Рис. 1. Панорама урочища Мечетное

В ходе эксплуатации водозабора было допущено нарушение проекта в части использования системы обводнения, которая должна была обеспечивать возврат воды в болота, но в течение всего периода эксплуатации водозабора (1992-2002 гг.) данная система не функционировала.

Деревья сосны обыкновенной в зависимости от возраста по-разному реагируют на изменения уровня грунтовых вод. Это вызвано тем, что в поглощении из почвы воды и элементов питания принимают участие не все корни, а лишь ограниченная их часть, а именно: растущие окончания корней, ещё не покрытые пробковым слоем, и корневые волоски, развитые на поверхности этой части корней. Корни сосны могут развиваться лишь в верхней части зоны капиллярного увлажнения, лежащей выше зеркала грунтовых вод [5]. Формирование корневой системы у сосны происходит в возрасте до 40-50 лет, Поэтому насаждения более старших возрастов тяжелее (вплоть до гибели) переносят резкие колебания уровня грунтовых вод.

По профилю почвы наблюдаются признаки оглеения, что свидетельствует о высоком уровне стояния грунтовых вод в прошлом. Оглеение проявляется в виде побеления песка («белый песок»), за счёт вымывания железа в виде растворимой закиси железа  $FeO$ , верхние границы уровня грунтовых вод (капиллярной каймы) в прошлые годы достаточно чётко обозначены ржавыми псевдофибрами, образовавшимися в результате окисления закисной формы оксида железа  $FeO$  атмосферным воздухом до окисной формы  $Fe_2O_3$ , нерастворимой в воде. Отложения окиси железа проявляются начиная с глубины в 45 см.

Осреднённые по пробным площадям данные погодичной динамики радиального прироста в относительных индексах (%) представлены в виде графиков (рис. 2). Для удобства и приведения к единому масштабу на графиках показаны дендрохронологические ряды равной продолжительности – с 1975 по 2005 гг.

Анализ радиального прироста показывает, что все насаждения крайне резко отреагировали на ввод в эксплуатацию Краснореченского водозабора. Несмотря на то, что массовое усыхание, т. е. видимое негативное воздействие деятельности водозабора отмечено только весной 1995 г, на графиках отмечается резкое снижение прироста с 1992 г, т. е. непосредственно с момента ввода в эксплуатацию данного объекта. Падение прироста отмечается также и на пробной площади № 3, расположенной на расстоянии 8 км от ближайшей скважины. При этом в данном насаждении признаков усыхания в период 1995 года отмечено не было.

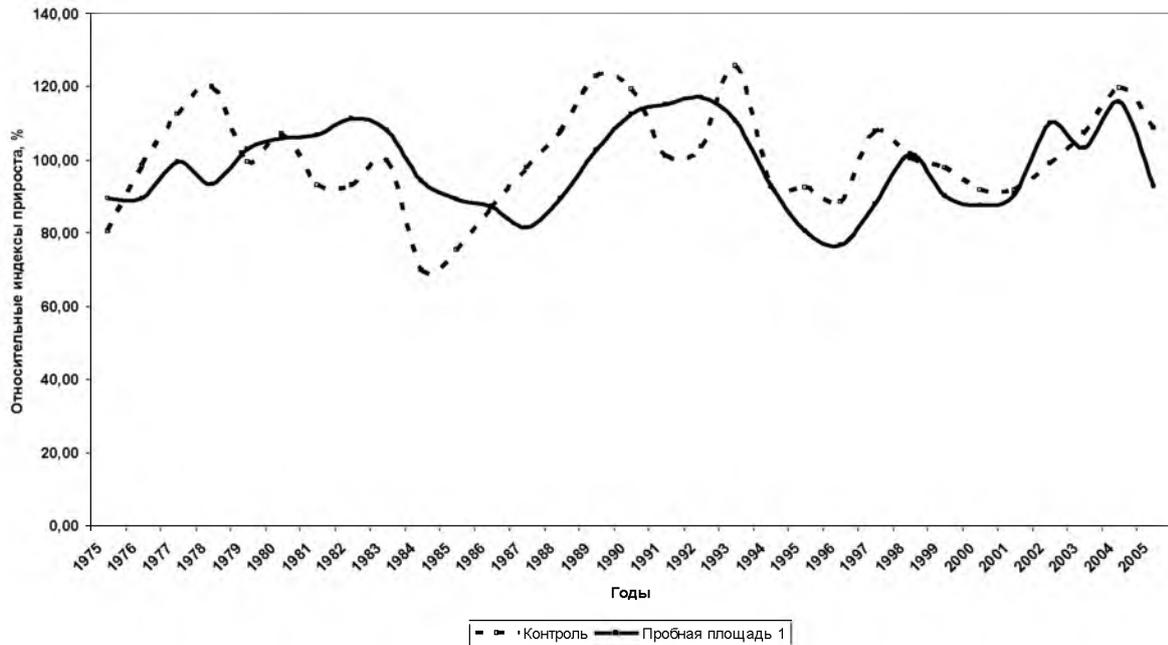
Насаждения не отреагировали даже на достаточно благоприятные климатические условия 1993 года, вызвавшие резкий всплеск прироста в контрольных насаждениях. Абсолютный минимум прироста приходится на 1994-1995 гг. Вызванное сильной засухой 1994 г. падение прироста усилилось резким (до 5 м) падением уровня грунтовых вод в декабре 1994 г., что и повлекло начало массового усыхания насаждений в Житловском лесничестве весной 1995 г. после возобновления физиологических процессов в деревьях. При этом насаждения VIII класса возраста пострадали достаточно сильно. Весной 1995 г. погибло около 40% древостоя, в то время, как в насаждении V класса, с учётом выборки во время плановой рубки зимой 1994-95 гг., отпад составил всего 15%. Невостребованная в результате гибели значительной части деревьев влага способствовала, хотя и не в полной мере, росту сохранившихся экземпляров. В последующие годы гибели деревьев V класса возраста не отмечено, в то время как в изреженном насаждении VIII класса возраста в результате ветровала и снеговых заломов в 1999 и 2001-2002 гг. отпад составил более 10% по запасу, невостребованная в результате гибели этих деревьев влага не смогла компенсировать падение уровня грунтовых вод. Таким образом, насаждения старших классов возраста тяжелее перенесли резкое падение уровня грунтовых вод. Насаждение изрежено до полноты 0.3-0.4; т. е. по полноте данный древостой приближается к редколесью. Насаждение изрежено неравномерно, в микропонижениях сохранились только единичные деревья сосны, в то же время на вершинах дюн насаждение практически не подверглось усыханию. Изреживание полога снизило общую ветроустойчивость насаждения, в результате чего в период 1995-2001 гг. от ветровала и снеговых заломов погибло ещё около 10 % оставшихся деревьев. Согласно отчётов лесничества, за период с 1995 по 2007 г в данном насаждении выборочно проводились санитарные рубки различной интенсивности в 1995, 2001, 2002 и 2006 гг. Данные факты свидетельствуют о начале распада древостоя.

В отличие от насаждения VIII класса возраста, насаждение V класса возраста внешне выглядит здоровым, следы усыхания и распада древостоя отсутствуют. Данное насаждение легче перенесло падение уровня грунтовых вод. Сравнительно молодое насаждение сумело достаточно быстро отреагировать на резкое изменение гидрологических условий. Этому, помимо фактора возраста, в немалой степени способствовали проведённые ранее лесохозяйственные мероприятия. Наличие микропонижений в междурядьях, образованных в процессе ухода за насаждением в раннем возрасте (дискование междурядий), позволило накопить больше влаги в зимний период, небольшой возраст насаждения и как следствие – меньший

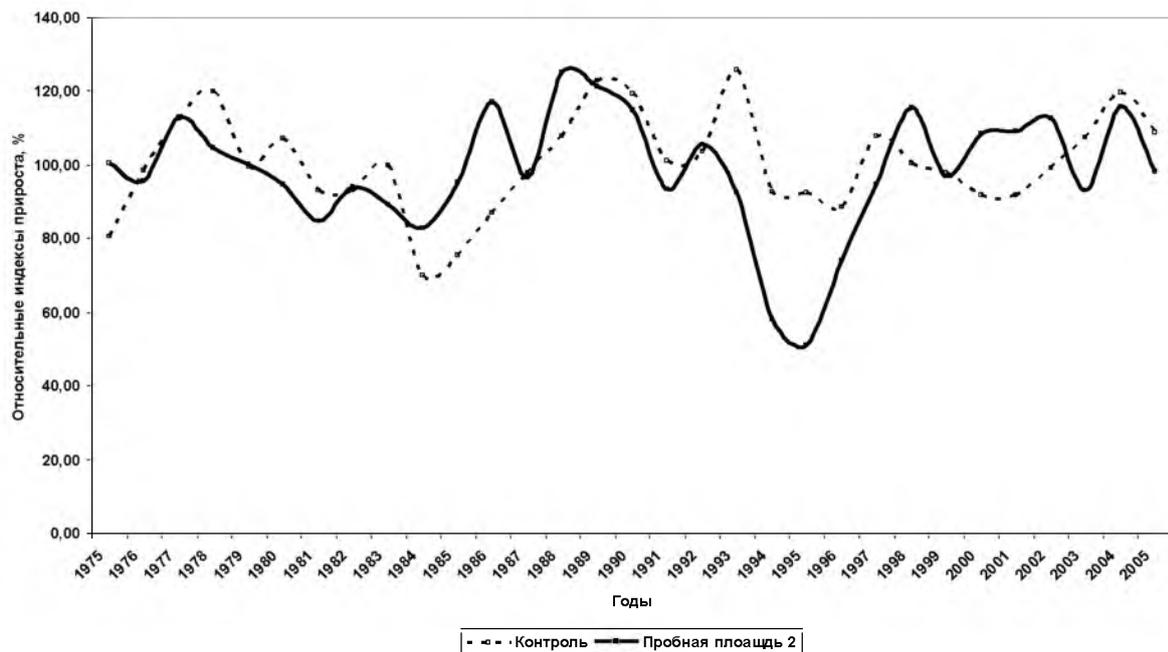


расход влаги. При этом корневые системы большинства деревьев ещё не достигли уровня грунтовых вод и не прекратили свой рост, что также способствовало устойчивости насаждения. Проведение зимой 1994-1995 гг. планового прореживания 2-й очереди с выборкой 15% запаса древесины привело к невостробованности части почвенной влаги, что дало преимущество оставшимся деревьям.

а)



б)



Пробная площадь № 3, как отмечалось ранее, расположена на территории основного массива лесничества, на расстоянии 8 км от ближайшей скважины, в насаждении IV класса возраста. В период массового усыхания насаждений (1995 г) на данном участке каких-либо внешних признаков ухудшения состояния древостоя выявлено не было. В результате пожара в июле 1996 г. погибли сосновые насаждения на значительных (более 6 тыс. га) площадях. Невостробованная почвенная влага вызвала резкий подъём уровня грунтовых вод на 1-1,5 м с выходом воды на дневную поверхность уже в октябре 1996 г. и образованию большого количества водоемов. Исследуемое насаждение находится в непосредственной близости от горельника 1996 г., в связи с чем также оказалось подверженным подтоплению. В исследуемом насажде-

нии в результате указанных событий произошло повышение уровня грунтовых вод с В<sub>2</sub> (свежая суборь) до В<sub>4</sub> (мокрая суборь). В весенний период наблюдался выход грунтовых вод на поверхность в микропонижениях, оставшихся после дискования междурядий..

в)

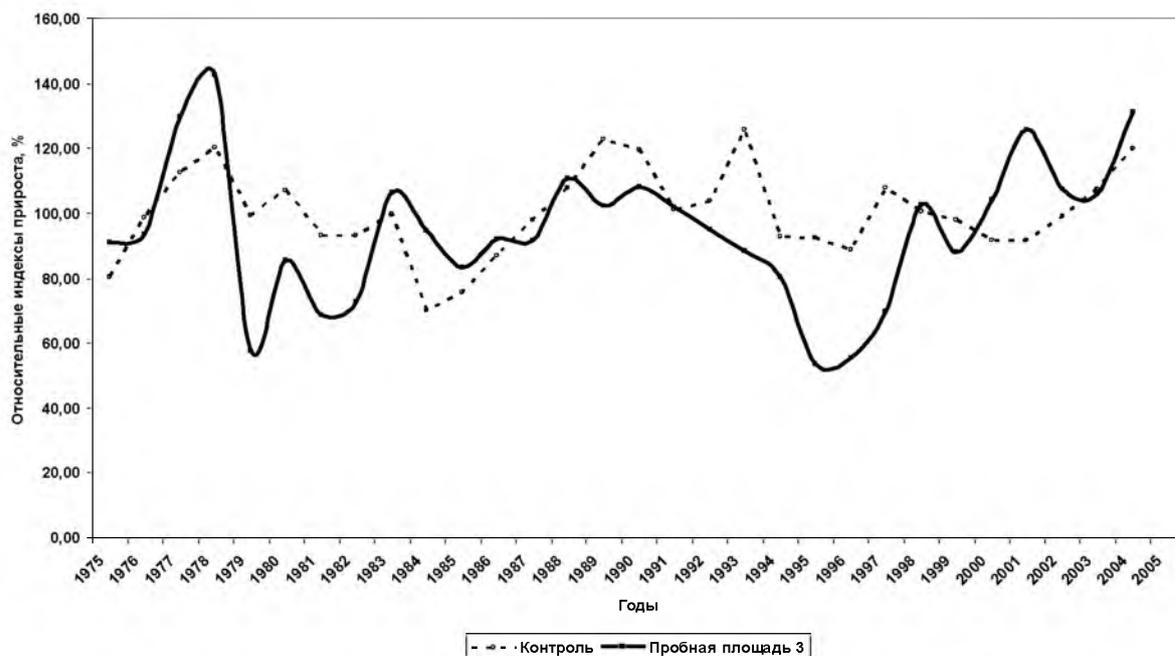


Рис. 2. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной (относительные индексы) в насаждении VIII (а), V (б) и IV (в) классов возраста

При сравнении полученных относительных индексов прироста с данными контрольного насаждения рост древостоя на пробной площади № 3 можно условно разделить на три периода:

1. Период до 1992 г. – изменения прироста в исследуемом насаждении и в контрольном синхронны,

2. Период с 1992 по 1997 гг. – резкое снижение прироста в насаждении, в отличие от контрольного, где наблюдается максимум прироста в 1993 г. Насаждение не отреагировало на улучшение климатических условий (рост количества осадков). Данная аномалия связана с пуском в эксплуатацию в 1992 г. Краснореченского водозабора. Отмеченное в декабре 1994 г. резкое (до 5 м) снижение уровня грунтовых вод на фоне засух 1994 и 1996 гг. совпадает с минимумом прироста, приходящимся на 1995-1996 гг.

3. Период с 1997 г. по настоящее время – прирост деревьев заметно возрастает. Очевидно, что увеличение их прироста связано с резким подъёмом уровня грунтовых вод осенью 1996 г. Причиной послужила гибель в июле указанного года насаждений на значительных (свыше 6 тыс. га) площадях вследствие пожара. Несмотря на засуху, неостребованная в результате гибели древостоя влага стала причиной резкого скачка уровня грунтовых вод вплоть до выхода последних на дневную поверхность. В то же время восстановление прироста происходит с некоторым запозданием. Несмотря на повышение влагообеспеченности насаждения, прирост сравнивается с контрольными насаждениями только спустя два года (в 1998 г), а затем даже превышает показатели контрольного древостоя на 15-20%, достигая в 2001 году разницы в 34%. Замедленная реакция «отклика» на резкое улучшение влагообеспеченности вероятно связана с необходимостью приспособления корневых систем сосны к изменяющимся условиям увлажнения.

Таким образом, использование методов дендроклиматологии при изучении состояния насаждений сосны обыкновенной в урочище Мечетное Кременского государственного лесохозяйственного хозяйства (Луганская область, Украина) позволило фиксировать изменения в состоянии лесных экосистем в зависимости от изменений гидрологического режима. Установлено, что основной причиной усыхания древостоев в изученных условиях следует считать резкое понижение уровня грунтовых вод, возникшее в связи с нарушениями проектной документации, допущенными при эксплуатации Краснореченского водозабора на фоне засух 1994 и



1996 гг. Несмотря на остановку водозабора в 2002 г., уровень грунтовых вод в урочище Мечетное до настоящего времени не восстановился. С целью предупреждения отрицательных последствий при эксплуатации сооружений подобного рода необходимо ужесточение контроля за соблюдением требований природоохранного законодательства и проектной документации.

### Список литературы

1. Колин Г.Е. Применение дендрохронологических методов в экологическом мониторинге лесов // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 3-11.
2. Методы дендрохронологии / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов и др. – Красноярск, 2000. – 79 с.
3. Ткач В.П. Заплавні ліси Лівобережної України та наукові основи господарювання в них : дис. ... докт. с.-х. наук. – Харьков: УкрНИИЛХиА, 1999. – 383 с.
4. Усцкий В.С. Отчёт о причинах усыхания сосновых насаждений Житловского лесничества Кременского ГЛОХ. – Харьков: УкрНИИЛХиА, 1995. – 17 с.
5. Ремезов Н.П., Погребняк П.С. Лесное почвоведение. – М.: Лесная промышленность, 1965. – 323 с.
6. Рудаков В. Е. О методике изучения влияния колебаний климата на ширину годичных колец деревьев // Ботан. журн. – 1958. – Т. 43, № 12. – С. 1709–1712.

## USE OF DENDROLOGICAL-AND-RING CHRONOLOGY IN CARRYING OUT ENVIRONMENTAL MONITORING

**S.I. Shabanov, V.K. Tokhtar'**

*Belgorod State National  
Research University,  
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,  
Russia*

*E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru*

Due to the sharp changes of the soil hydrological regime in planted forests of the Zhitlovsky forest area (Lugansk Region, Ukraine) dendrochronological reconstruction of the *Pinus sylvestris* L. planted forest in the Mechetnoye settlement vicinity has been carried out in the 30-year period. The curve formed by increase of the radial measurements of uneven-age trees over different years proves to be well coordinated with changes of hydrological regime in the ecotopes under study. The natural and anthropogenic reasons of the state of trees and plantations of *Pinus sylvestris* L. are analyzed in the paper.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., monitoring, anthropogenic impact, hydrological regime.