



УДК 630\*561.24:631.559

Н.В. Рыгалова, Н.И. Быков, Т.Г. Плуталова  
N.V. Rygalova, N.I. Bykov, T.G. Plutalova

## РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В АЛТАЙСКОМ КРАЕ МЕТОДОМ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ

### RETROSPECTIVE STUDY OF CROP YIELD DYNAMICS IN THE ALTAI REGION BY DENDROCHRONOLOGY METHOD

**Ключевые слова:** урожайность сельскохозяйственных культур, урожайность яровой пшеницы, древесно-кольцевые ряды, дендрохронология.

Рассмотрена возможность реконструкции климатически обусловленных колебаний урожайности сельскохозяйственных культур в степных и лесостепных районах Алтайского края на основе метода дендрохронологии. Выявление сходства и синхронности реакций сельскохозяйственных и древесных растений на климатические колебания позволяет восстанавливать динамику урожайности на основе хронологий ширины годичных колец. Установлено, что величина радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) ленточных боров и урожайность сельскохозяйственных культур в степных и лесостепных районах края лимитированы одинаковыми климатическими факторами: наиболее значимыми для роста сельскохозяйственных растений и сосны обыкновенной являются осадки апреля-июня (стимулируют рост) и температуры мая-июля (сдерживают рост). Наиболее высокие корреляционные связи урожайности сельскохозяйственных культур в районах края наблюдаются с группой определенных древесно-кольцевых хронологий, которые приурочены к пограничной территории между лесостепью и степью и характеризуются высокой климатической чувствительностью. Были выявлены значимые положительные корреляционные связи древесно-кольцевых хронологий с рядами урожайности яровой пшеницы, овса, гречихи и естественных сенокосов и отрицательные зависимости – с урожайностью картофеля. На основе установленных значимых связей была проведена реконструкция рядов урожайности яровой пшеницы в Кулундинском районе до 1871 г. и овса в Ребрихинском районе до 1830 г. Восстановленные ряды позволяют выделить периоды потенциального снижения и увеличения урожайности сельскохозяйственных

культур. Так, среди периодов снижения урожайности пшеницы можно обозначить начало пятидесятих годов, когда шло активное освоение целинных земель Алтайского края.

**Keywords:** crop yield, spring wheat yield, tree-ring chronology, dendrochronology.

The possibility of reconstruction of climate-driven fluctuations of crop yields in the steppe and forest-steppe areas of the Altai Region by dendrochronology method is discussed. The identification of similarity and synchrony in the response of crops and woody plants to climatic fluctuations enables revealing the dynamics of crop yields based on the chronologies of tree ring width. It is found that the radial increment of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in belt pine forests and crop yields in the steppe and forest-steppe areas of the Region are limited by the same climatic factors. The most important factors for the growth of crops and Scots pines are the rainfall of April-June (to promote the growth) and the temperatures of May-July (to limit the growth). The strongest correlation of crop yield in the areas of the Region is found with a group of certain tree-ring chronologies which are limited to the border area between the forest-steppe and steppe and are characterized by high climate sensitivity. Significant positive correlations of tree-ring chronologies with the yield series of spring wheat, oats, buckwheat and wild hay-lands and negative dependence with potato yields was found. Based on the revealed significant relations, the series of spring wheat yields in the Kulundinskiy District to 1871 and oat yields in the Rebrikhinskiy District to 1830 were reconstructed. The reconstructed yield series enable identifying the periods of potential decrease and increase in crop yields. So, for example, the early 1950s was one of the wheat yield decrease periods, when the active development of virgin lands in the Altai Region was going on.

**Рыгалова Наталья Викторовна**, к.г.н., ст. преп., каф. экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет. E-mail: natalia.ml@mail.ru.

**Быков Николай Иванович**, к.г.н., доцент, зав. каф. экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет. E-mail: nikolai\_bykov@mail.ru.

**Плуталова Татьяна Геннадьевна**, м.н.с., Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул. E-mail: denisova\_tg@mail.ru.

**Rygalova Natalya Viktorovna**, Cand. Geo. Sci., Asst. Prof., Chair of Economic Geography and Cartography, Altai State University. E-mail: natalia.ml@mail.ru.

**Bykov Nikolay Ivanovich**, Cand. Geo. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Economic Geography and Cartography, Altai State University. E-mail: nikolai\_bykov@mail.ru.

**Plutalova Tatyana Gennadyevna**, Junior Staff Scientist, Institute for Water and Environmental Problems, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Barnaul. E-mail: denisova\_tg@mail.ru.

### Введение

Изучение динамики урожайности сельскохозяйственных культур в условиях изменяющегося климата имеет большое значение. Эта проблема особенно актуальна для территории Алтайского края, где аграрный сектор является отраслью специализации экономики региона. Урожайность – это производная как минимум двух основных функций: природно-ресурсной и экономико-технологической. Первая в себя включает специфику земельных и агроклиматических факторов, вторая – комплекс проводимых агротехнических мероприятий, которые направлены на искусственное повышение продуктивности агросистем. По мнению исследователей, зависимость урожайности зерновых (а именно, яровой пшеницы) от уровня культуры земледелия для Алтайского края минимальна по сравнению с другими регионами Сибири [1]. Этот факт позволяет говорить о значительной роли агроклиматической составляющей в динамике продуктивности сельскохозяйственных культур.

**Цель и задачи.** Рассмотрена возможность реконструкции климатически обусловленных колебаний урожайности сельскохозяйственных растений (для дальнейшего прогноза) на основе метода дендрохронологии (подобные работы проводились ранее [2-5]). Западная равнинная часть Алтайского края (левый берег р. Обь) характеризуется значительной степенью распаханности территории и высоким агроклиматическим потенциалом. В физико-географическом отношении левобережье принадлежит Приобскому плато и Кулундинской низменности. Территорию исследования пересекают ленточные боры. Изменчивость радиального прироста сосны лимитируется климатическими условиями. Выявление сходства и синхронности реакций сельскохозяйственных и древесных растений на колебания климата позволяет восстанавливать динамику урожайности на основе хронологий ширины годичных колец.

### Объекты и методы

Для анализа взяты данные урожайности<sup>1</sup> сельскохозяйственных культур по шести адми-

нистративным районам Алтайского края, расположенным в лесостепной зоне (Ребрихинский, Баевский), в зоне умеренно засушливой степи (Мамонтовский, Романовский) и сухой степи (Михайловский, Кулундинский) с 1961 по 2007 гг. Данные урожайности естественных сенокосов<sup>2</sup> взяты по лесостепным (Баевскому, Ребрихинскому, Панкрушихинскому, Тюменцевскому, Хабарскому) и степным (Алейскому, Мамонтовскому, Новичихинскому, Волчихинскому, Угловскому) районам Алтайского края за период с 1961 по 2003 гг. Для выявления климатических зависимостей использованы данные метеостанций Ребриха, Баево, Мамонтово, Ключи, Кулунда.

В качестве индикаторов динамики климатических условий выступили дендрохронологические ряды, представленные совокупностью хронологий четырех ленточных боров Алтайского края (включая отборки – боровые острова, расположенные между Бурлинской и Кулундинской лентами). Модельные площадки были заложены примерно через каждые 50 км. Сбор образцов, построение и анализ хронологий были проведены по общепринятой методике [6-7]. В работе использованы 22 древесно-кольцевые обобщенные хронологии сосны, принадлежащие лесостепной и степной физико-географическим зонам. Установлено, что ряды ширины годичных колец сосны обыкновенной содержат климатический сигнал, который усиливается по мере увеличения дефицита влаги с северо-востока на юго-запад [8-9].

В основе работы лежит метод парной корреляции рядов урожайности и древесно-кольцевых серий (за период 1961-2004 гг. – для яровой пшеницы, 1987-2007 гг. – для других злаков, 1985-2007 гг. – для картофеля и 1961-2003 гг. для продуктивности естественных сенокосов), который позволяет выявить наличие общей климатически обусловленной динамики в продуктивности двух биосистем (природной и аграрной). Использование метода регрессии даст возможность восстановить короткие ряды урожайности культур в прошлое. Расчеты выполнены в программе Statistica 10.0.

<sup>1</sup> Данные Алтайкрайстата (предоставлены ИВЭП СО РАН).

<sup>2</sup> Данные Алтайкрайстата.

### Результаты и их обсуждение

Для выявления агроклиматической составляющей в динамике урожайности зерновых был проведен корреляционный анализ с метеоданными, который показал наличие положительных связей продуктивности яровой пшеницы с осадками апреля-июня, ноября-декабря и отрицательных – с осадками сентября и с температурным режимом марта, мая-июля (рис. 1). При этом урожайность пшеницы в степной части в большей степени лимитирована осадками, чем в лесостепи.

Сосна, как и зерновые культуры, сходным образом реагирует на метеорологические условия (рис. 1, 2): для прироста деревьев значимы осадки апреля-июля (увеличение осадков способствует повышению продуктивности природных и агросистем), рост температур в мае-июле ограничивает темпы образования биомассы. Сходность реакции древесных систем и агроценозов на метеорологические изменения дает возможность восстановления рядов сельскохозяйственных культур на основе дендрошкал ленточных боров.

Полученная корреляционная матрица урожайности яровой пшеницы в выбранных районах края и рядов прироста сосны обыкновенной в ленточных борах показала наличие значимых (при  $p < 0,05$ ) связей в большинстве случаев. При этом максимальные значения коэффициента корреляции отмечаются не с хронологиями, полученными в этом муниципальном районе, а с удаленными. Выделяемая группа «удаленных» древесно-кольцевых серий демонстрирует высокую связь с рядами урожайности пшеницы как в лесостепи, так и в степной части. Данные хронологии характеризуются более высокими коэффициентами чувствительности и вариации, стандартного отклонения, чем в среднем все дендрошкалы ленточных боров. К ним относятся ряды «Капустинка», «Паклино» (островные боры), «Завьялово» (Кулундинский бор), «Буканское» (Касмалинский бор), приуроченные к пограничной территории между лесостепью и степью. Данные хронологии содержат мезоклиматический сигнал, отражающий изменение климата на значительной территории лесостепной и степной зон.

Коэффициенты корреляции рядов урожайности зерновых и прироста сосны колеблются от значимых 0,31 до 0,57 (при  $p < 0,05$ ). Обнаруженные высокие значения линейных связей позволяют реконструировать ряды продуктивности пшеницы в прошлое. В качестве примера был восстановлен ряд урожайности яровой пшеницы в Кулундинском районе. Несмотря на то, что данный район практически обезлесен, динамика урожайности пшеницы сопоставима с колебаниями прироста сосны (максимальные значения установлены с хронологией островных боров «Капустинка» Баевского района) (рис. 3). Коэффициент

корреляции ( $r$ ) равен 0,50 (значим при  $p < 0,05$ ), уравнение регрессии имеет вид  $y = 13,33 \cdot x - 6,71$ .

Корреляционный анализ древесно-кольцевых рядов ленточных боров с урожайностью гречихи, овса, картофеля показал неоднозначные результаты. Установлено, что гречиха и овес чувствительны к недостатку влаги. Высокие значения корреляции были получены при сопоставлении древесно-кольцевых хронологий и рядов продуктивности овса, при этом для гречихи значимых связей не зафиксировано [10].

Связи рядов прироста сосны и урожайности овса колеблются от 0,46 до 0,71 (значимы при  $p < 0,05$ ). Как и в случае с пшеницей высокую связь показывают те же «удаленные» хронологии. В двух районах (Ребрихинском и Кулундинском) урожайность овса коррелирует с 80% древесно-кольцевых серий. При этом значения коэффициентов корреляции для теплого и увлажненного Ребрихинского района выше, чем для жаркого и засушливого Кулундинского. На основе полученных статистических связей был реконструирован ряд по овсу в Ребрихинском районе на основе хронологии Касмалинского бора Мамонтовского района «Буканское». Уравнение регрессии имеет вид  $y = 16,558 \cdot x - 3,568$ ,  $r = 0,69$  (при  $p < 0,05$ ) (рис. 4).

В результате корреляционного сопоставления климатообусловленной динамики в рядах прироста сосны и урожайности картофеля в районах Алтайского края были установлены отдельные значимые отрицательные связи ( $r = -0,42 - -0,54$ ), что говорит об их различных требованиях к условиям произрастания.

Анализ связи обобщенных древесно-кольцевых хронологий с рядами урожайности естественных сенокосов, которые зачастую подвержены минимальному агротехнологическому воздействию, показал ее усиление в сторону сухостепных районов. Так, в Волчихинском районе коэффициент корреляции между ними составляет 0,49 (рис. 5). При этом самую тесную связь хронологии имеют с наиболее приближенными районами. У индивидуальных стандартизированных хронологий связи с урожайностью естественных сенокосов сильно варьируют и подчас демонстрируют более высокую связь, чем у обобщенных [11].

Сравнение графиков обобщенных хронологий и урожайности часто показывает несовпадение экстремумов с запаздыванием реакции радиального прироста сосны на 1-2 года. Особенно это характерно для максимумов прироста. Смещение обобщенных хронологий на 1-2 года часто резко увеличивает тесноту связи (например, для хронологии «Волчиха» коэффициент корреляции возрастает до 0,52).

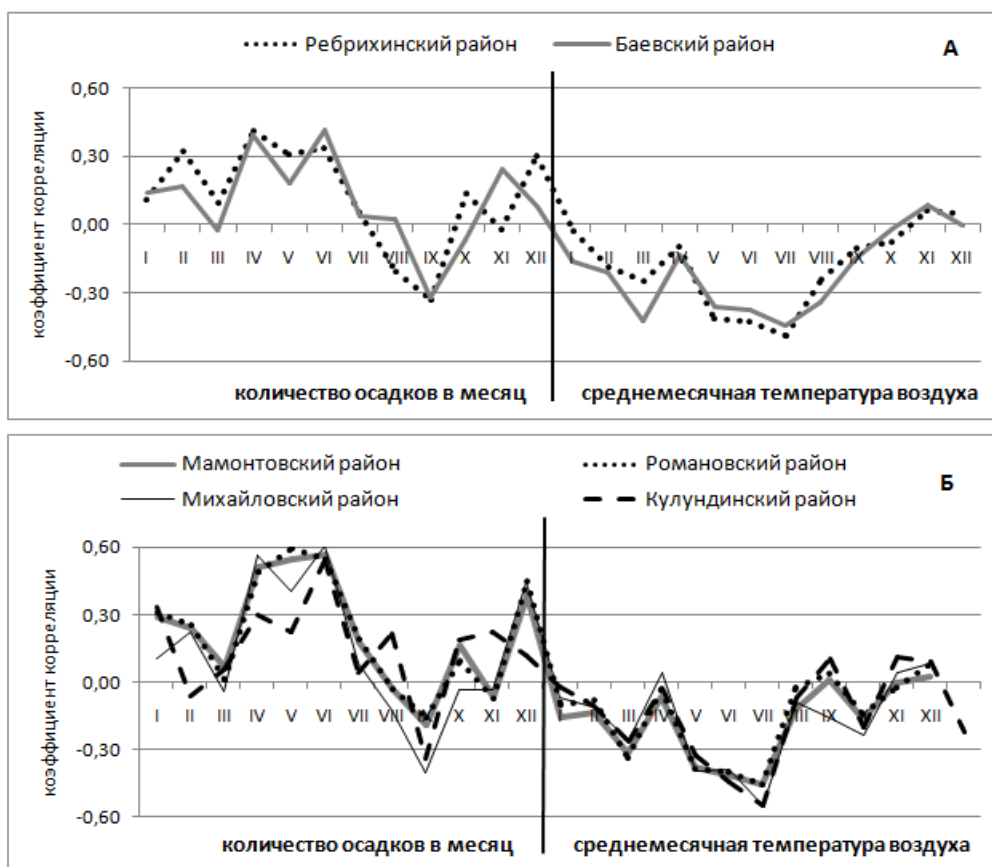


Рис. 1. Корреляция урожайности яровой пшеницы с метеорологическими рядами за период с 1961 по 2000 гг. для лесостепной (А) и степной зон (Б) Алтайского края

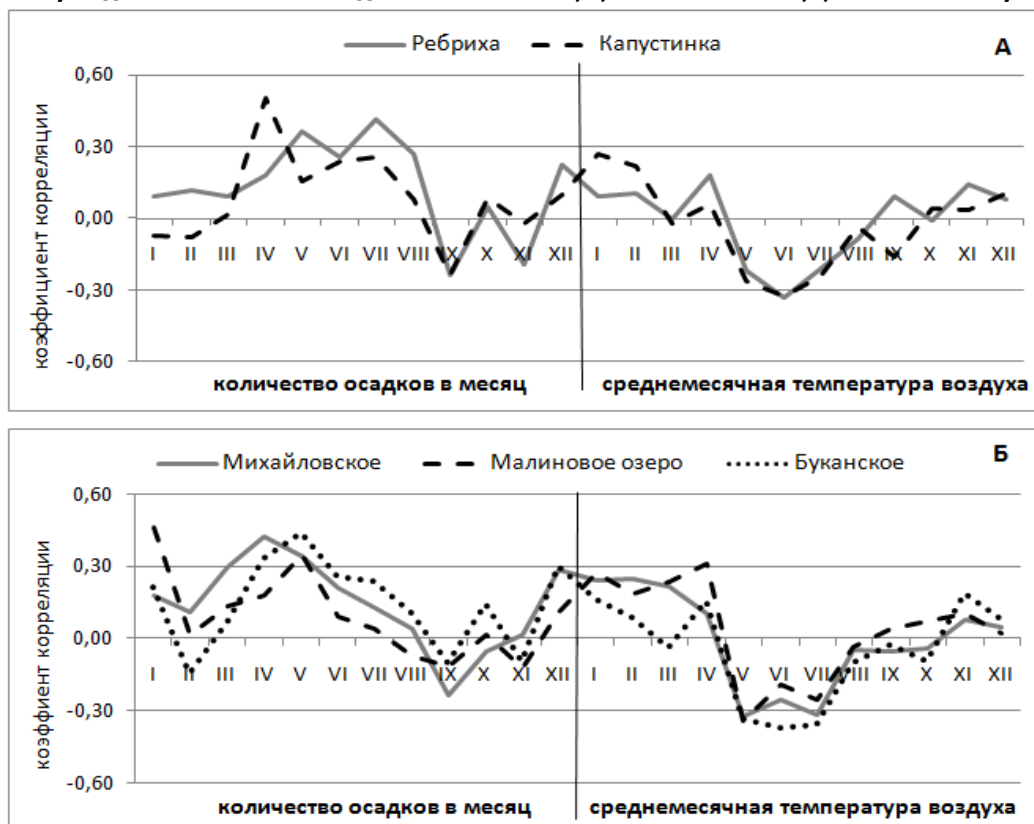
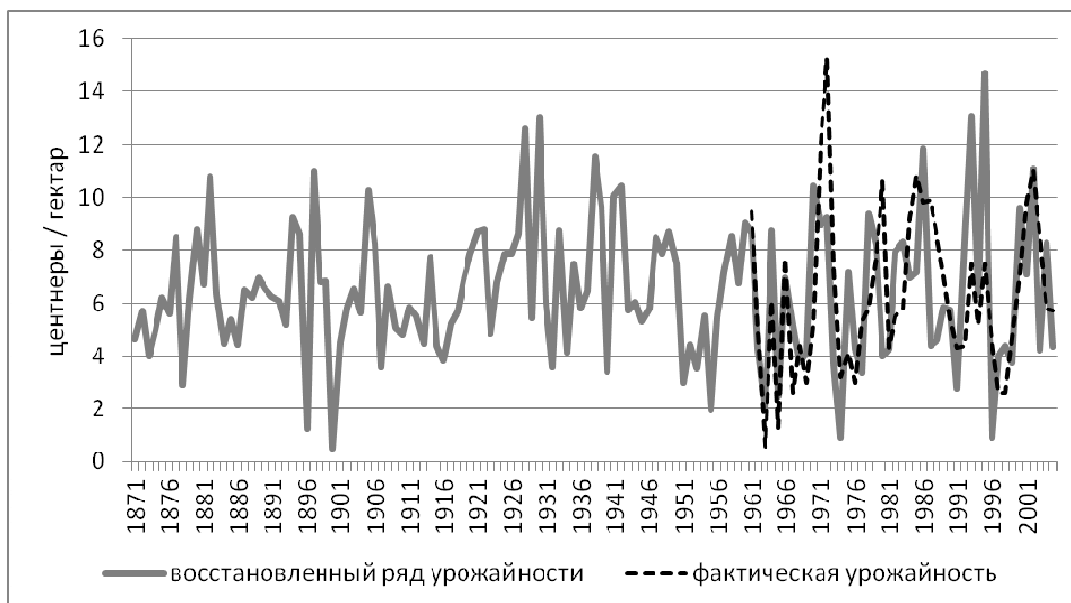
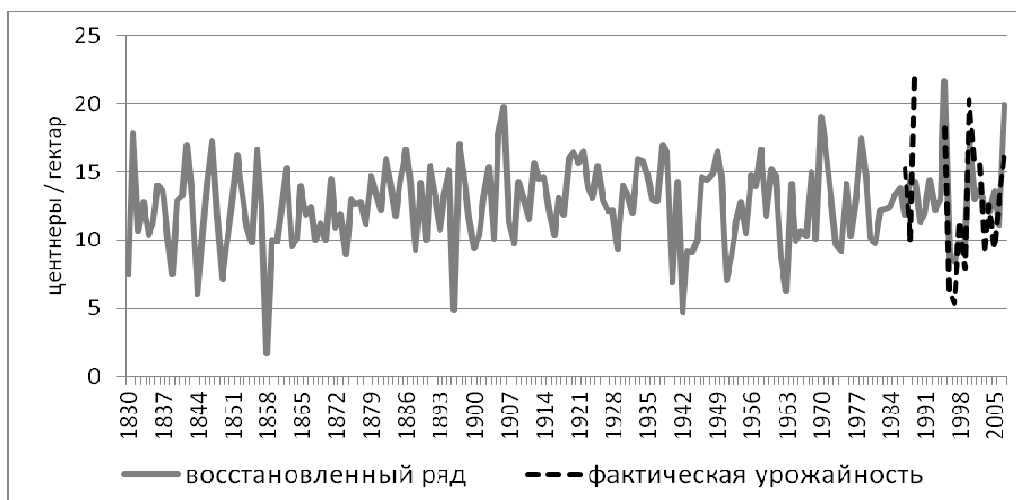


Рис. 2. Корреляция хронологий сосны ленточных боров с метеорологическими рядами<sup>3</sup> за период с 1961 по 2000 гг. для лесостепной (А) и степной зоны (Б) Алтайского края

<sup>3</sup> Для анализа использованы данные метеостанций, расположенных в непосредственной близости от дендрохронологических площадок (Ребриха, Баево, Мамонтово, Ключи, Кулунда).



**Рис. 3. Реконструкция динамики урожайности яровой пшеницы в Кулундинском районе Алтайского края (на основе хронологии «Капустинка»)**



**Рис. 4. Реконструкция динамики урожайности овса в Ребрихинском районе Алтайского края на основе древесно-кольцевой хронологии «Буканское»**



**Рис. 5. Древесно-кольцевая хронология «Волчиха» и урожайность естественных сенокосов в Волчихинском районе Алтайского края**

**Выводы**

1. Величину радиального прироста сосны обыкновенной ленточных боров и урожайности сельскохозяйственных культур в степных и лесостепных районах Алтайского края определяют одинаковые климатические факторы: осадки апреля-июня (стимулируют рост) и температуры мая-июля (сдерживают рост).

2. Выявлены значимые положительные корреляционные связи древесно-кольцевых хронологий ленточных боров с рядами урожайности яровой пшеницы, овса, гречихи и естественных сенокосов и отрицательные зависимости – с урожайностью картофеля. Полученные связи урожайности сельскохозяйственных культур и радиального прироста сосны неоднородны в пространстве. Это, вероятно, обусловлено экологическим разнообразием угодий, уровнем технологического развития хозяйств районов, а также особенностями статистического учета урожайности культур.

3. На основе выявленных связей реконструирована динамика урожайности яровой пшеницы в Кулундинском районе до 1871 г. и овса в Ребрихинском районе до 1830 г., что позволяет выделить периоды ее потенциального повышения и снижения. Так, период поднятия целины в Алтайском крае (середина 50-х годов) характеризуется потенциально низкой урожайностью сельскохозяйственных культур. Высокие значения валового сбора зерна этого отрезка времени связаны исключительно с экстенсивными аграрными мерами (распашка целинных земель).

**Библиографический список**

1. Костюков В.В., Черникова М.И. Пространственно-временная изменчивость урожайности яровой пшеницы на юго-востоке Западной Сибири // География и природные ресурсы. – 2004. – № 1. – С. 144-146.

2. Битвинскас Т.Т., Брукштус В.И. Радиальный прирост деревьев, экстремумы климата и урожаи сельскохозяйственных культур // Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии: тез. докл. V Всесоюз. совещ. – Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1990. – С. 20-21.

3. Ваганов Е.А. Методика прогноза урожайности зерновых с помощью дендрохронологических данных // Экология. – 1989. – № 3. – С. 15-23.

4. Жирина Л.С. Возможность прогнозирования урожайности картофеля с помощью дендроклиматологических методов // Временные и пространственные изменения климата и годичные кольца деревьев. – Каунас, 1987. – Ч. 2. – С. 85-90.

5. Мыглан В.С., Овчинников Д.В., Ваганов Е.А., Жирнова Д.Ф. Влияние климатических изменений на хозяйственную деятельность населения Южной Сибири в «Малый

ледниковый период» // География и природные ресурсы. – 2007. – № 1. – С. 90-96.

6. Шиятов С.Г. и др. Методы дендрохронологии. – Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2000. – Ч. I. – 80 с.

7. Cook E.R. A time series analysis approach to tree-ring standardization / Ph.D. Dissertation, University of Arizona, 1985.

8. Малышева Н.В., Быков Н.И. Дендроклиматический анализ ленточных боров Западной Сибири // Известия РАН. Сер. геогр. – 2011. – № 6. – С. 68-77.

9. Малышева Н.В., Быков Н.И. Дендрохронологические исследования ленточных боров юга Западной Сибири. – Барнаул: Азбука, 2011. – 125 с.

10. Ловелиус Н.В., Грицан Ю.И. Влияние засух на лесоагроценозы степной зоны Украины // Известия РГО. – 1998. – Т. 130. – Вып. 2. – С. 32-35.

11. Быков Н.И. Проблемы создания длительных древесно-кольцевых хронологий по сосне обыкновенной ленточных боров Алтайского края // Известия Бийского отделения Русского географического общества. – Бийск: РИО БГПУ им. В.М. Шукшина, 2005. – Вып. 25. – С. 5-8.

**References**

1. Kostyukov V.V., Chernikova M.I. Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' urozhainosti yarovoi pshenitsy na yugo-vostoke Zapadnoi Sibiri // Geografiya i prirodnye resursy. – 2004. – № 1. – S. 144-146.

2. Bitvinskis T.T., Brukshtus V.I. Radial'nyi prirost derev'ev, ekstremumy klimata i urozhai sel'skokhozyaistvennykh kul'tur // Problemy dendrokhnologii i dendroklimatologii. Tezisy dokladov V vsesoyuznogo soveshchaniya. – Sverdlovsk: Izd-vo UrO AN SSSR, 1990. – S. 20-21.

3. Vaganov E.A. Metodika prognoza urozhainosti zernovykh s pomoshch'yu dendrokhnologicheskikh dannyykh // Ekologiya. – 1989. – № 3. – S. 15-23.

4. Zhirina L.S. Vozmozhnost' prognozirovaniya urozhainosti kartofelya s pomoshch'yu dendroklimatologicheskikh metodov // Vremennye i prostranstvennye izmeneniya klimata i godichnye kol'tsa derev'ev. Ch. 2. – Kaunas, 1987. – S. 85-90.

5. Myglan V.S., Ovchinnikov D.V., Vaganov E.A., Zhirnova D.F. Vliyanie klimaticheskikh izmenenii na khozyaistvennyuyu deyatel'nost' naseleniya Yuzhnoi Sibiri v «Malyi lednikovyi period» // Geografiya i prirodnye resursy. – 2007. – № 1. – S. 90-96.

6. Shiyatov S.G. i dr. Metody dendrokhnologii. Ch. I. – Krasnoyarsk: Izd-vo KrasGU, 2000. – 80 s.

7. Cook E.R. A time series analysis approach to tree-ring standardization / Ph.D. Dissertation, University of Arizona. – 1985.

8. Malysheva N.V., Bykov N.I. Dendro-klimaticheskii analiz lentochnykh borov Zapadnoi Sibiri // Izvestiya RAN. Ser. geogr. – 2011. – № 6. – S. 68-77.

9. Malysheva N.V., Bykov N.I. Dendro-khronologicheskie issledovaniya lentochnykh borov yuga Zapadnoi Sibiri. – Barnaul: Azbuka, 2011. – 125 s.

10. Lovelius N.V., Gritsan Yu.I. Vliyanie zasukh na lesoagrotsenozu stepnoi zony Ukrainy // Izvestiya RGO. – 1998. – Т. 130. – Вып. 2. – S. 32-35.

11. Bykov N.I. Problemy sozdaniya dlitel'nykh drevesno-kol'tsevykh khronologii po sosne obyknovЕННОЙ lentochnykh borov Altaiskogo kraя // Izvestiya Biiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva. Вып. 25. – Biisk: RIO BGPU im. V.M. Shukshina, 2005. – S. 5-8.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов (№ 12-05-31202\_мол\_а и №14-05-91336 ННИО\_а).*



УДК 551.58:63(571.15)

**Н.Б. Максимова, Д.В. Арнаут, Г.Г. Морковкин**  
**N.B. Maksimova, D.V. Arnaut, G.G. Morkovkin**

### ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ПО АГРОКЛИМАТИЧЕСКИМ РАЙОНАМ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

#### THE EVALUATION OF GROWING SEASON DURATION CHANGE IN THE AGRO-CLIMATIC AREAS OF THE ALTAI REGION

**Ключевые слова:** агроклиматические ресурсы, вегетационный период, агроклиматические районы Алтайского края.

**Keywords:** agro-climatic resources, growing season, agro-climatic areas of the Altai Region.

Приводятся результаты исследований изменения продолжительности вегетационного периода по агроклиматическим районам Алтайского края. Таким образом, за период 1964-2009 гг. произошло увеличение продолжительности вегетационного периода на 6 сут. по отношению к норме в среднем по агроклиматическим районам Алтайского края. По всем точкам наблюдений отмечается смещение весенней даты устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C, которая соответствует началу вегетационного периода, на более ранний срок – со второй на первую декаду мая. В осенний период дата перехода сместилась на более поздний срок – вторая половина сентября. Вместе с тем уточняется, что в ряде агроклиматических районов изменения в сторону увеличения продолжительности вегетационного периода значительно ниже средних российских показателей, отмечаемых в Общем резюме второго оценочного доклада Росгидромета об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации.

The research results on the change of growing season duration in the agro-climatic areas of the Altai Region are discussed. It is concluded that over the 1964 to 2009 period the growing season duration increased by 6 days as compared to the average for the agro-climatic areas of the Altai Region. It is found at all observation sites that the spring date of the established transition of the air temperature over 10°C, which corresponds to the beginning of the growing season, has shifted to an earlier date – from the second ten-days to the first ten-days of May. In the autumn, the transition date has shifted to a later date in the second half of September. At the same time it is noted that in a number of agro-climatic areas the increasing changes of the growing season duration are significantly lower than the average Russian rates as reported in the General Summary of the Second Estimative Report of the RosGidroMet (Federal Service of Russia on Hydrometeorology and Monitoring of the Environment) on Climate Changes and Their Impacts on the Territory of the Russian Federation.

**Максимова Нина Борисовна**, к.с.-х.н., доцент, каф. природопользования и геоэкологии, географический фак-т, Алтайский государственный университет. E-mail: ggmork@mail.ru.

**Арнаут Дарья Васильевна**, ассистент, каф. природопользования и геоэкологии, географический фак-т, Алтайский государственный университет. E-mail: ggmork@mail.ru.

**Морковкин Геннадий Геннадьевич**, д.с.-х.н., проф., зав. каф. почвоведения и агрохимии, проректор по научной работе, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: ggmork@mail.ru.

**Maksimova Nina Borisovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Natural Resources Mgmt. and Geo-Ecology, Geography Dept., Altai State University. E-mail: ggmork@mail.ru.

**Arnaut Darya Vasilyavna**, Asst., Chair of Natural Resources Mgmt. and Geo-Ecology, Geography Dept., Altai State University. E-mail: ggmork@mail.ru.

**Morkovkin Gennadiy Gennadyevich**, Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Vice-Rector for Scientific Activities, Altai State Agricultural University. E-mail: ggmork@mail.ru.