



УДК 551.58:502.5(470.325)

ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛЕСОСТЕПНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ К МЕНЯЮЩИМСЯ КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

М. А. Польшина,

старший преподаватель, polshina@bsu.edu.ru,

С. В. Калугина,

доцент, kalugina_s@bsu.edu.ru,

Н. С. Кухарук,

доцент, kuharuk@bsu.edu.ru,

А. М. Митряйкина,

доцент, mitryaykina@bsu.edu.ru,

Л. В. Марциневская,

доцент, martsinevskaya@bsu.edu.ru,

Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»)

Цель работы состояла в том, чтобы исследовать меры, направленные на увеличение адаптивной способности сельскохозяйственных ландшафтов к изменяющимся климатическим условиям. В работе выявлена зависимость между глобальными климатическими изменениями (в частности, количеством осадков) и интенсивностью почвенно-эрозионных процессов. Разработаны рекомендации по применению ежегодных мероприятий, направленных на регулирование склонового весеннего стока в меняющихся условиях современного климата, которые позволят упреждать прогнозируемые изменения показателей влажности года и увеличения эрозионного потенциала осадков. Комплекс превентивных мер был разработан для сельскохозяйственных угодий в зависимости от особенностей погоды (влажные, средние, сухие годы).

The goal of the work was to develop ways of increasing the adaptive capacity to changing climate conditions of agricultural landscapes. According to meteorological data for a century period of the slope spring flows and storm water drains calculation the analytical curves had been built that have established the amount of precipitation and slope runoff layers of varying probability of exceedance. As a result, a direct strong correlation between the amount values was established. Spectra of erosion-preventive agricultural activities were developed for full, medium and dry water years.

Ключевые слова: климат, адаптивно-ландшафтный принцип организации территории, весенний склоновый сток, ливневой склоновый сток, агротехнические мероприятия.

Keywords: climate, adaptive-landscape principle of area organization, spring slope flow, storm slope drain, agrotechnical actions.

Постановка проблемы. Спецификой сельскохозяйственного производства является его зависимость от климатических условий, что приводит к значительной изменчивости основных показателей урожайности сельскохозяйственных культур и неустойчивости ведения хозяйства. Геоморфологические условия Центрально-Черноземного района (ЦЧР), антропогенная деятельность и отмечаемая в последние десятилетия трансформация климата способствуют развитию водно-эрозионных процессов. Получение сельскохозяйственной продукции в сложившихся экологических и экономических условиях требует перехода к адаптивно-ландшафтным принципам организации территории. Необходима разработка способов и технологий аграрного производства, которые частично или полностью должны устранить негативные последствия глобального изменения климата. Но на данном этапе экономического развития возможности для внедрения новых климатически ориентированных противоэрозионных комплексов довольно ограничены и требуют значительных вложений труда и средств. Поэтому актуальным является решение проблемы повышения адаптивных возможностей агроландшафтов к меняющимся эколого-экономическим условиям на основе применения технологий и подходов, имеющих невысокую затратность.

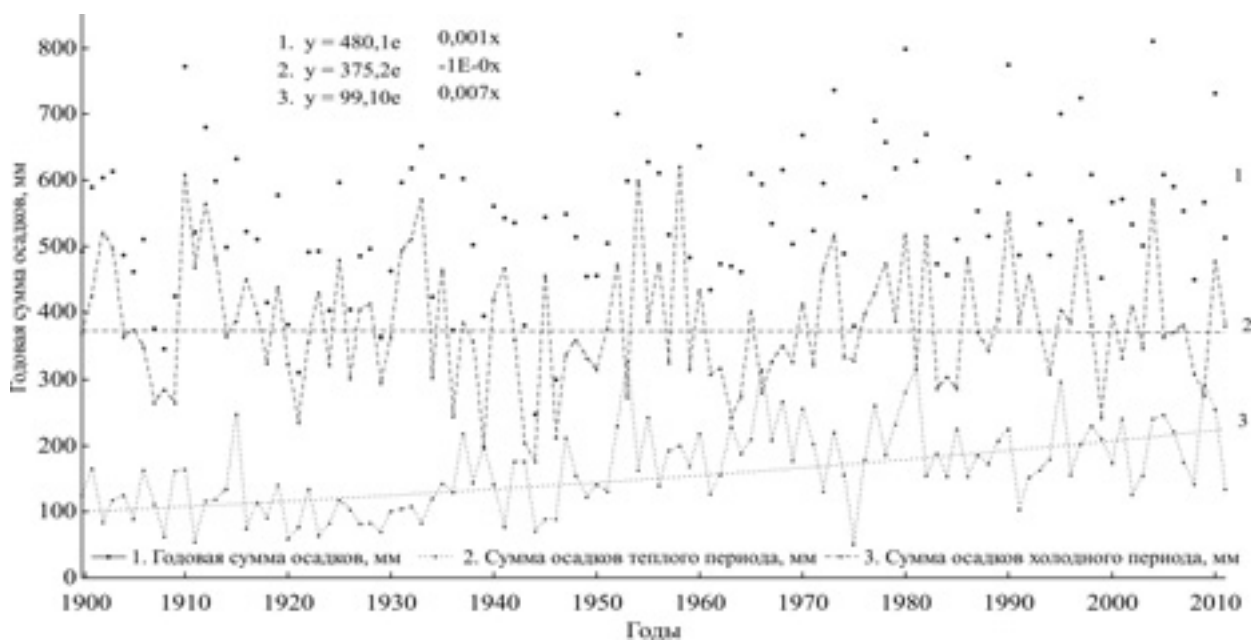


Рис. 1. Годовая сумма осадков по данным метеостанции Богородицкое-Фенино с 1900 по 2011 г. [3, 4]

Основная цель исследования — разработка способов повышения адаптивных возможностей агроландшафтов к меняющимся условиям климата.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи: 1) выявить связь трансформации климата с развитием водно-эрозийных процессов в условиях Центрально-Черноземного района; 2) обосновать возможность использования комплекса агротехнических приемов при разных климатических сценариях; 3) разработать рекомендации по повышению адаптивных возможностей агроландшафтов к меняющимся климатическим условиям.

Материалы и методы исследования. В ходе исследований были привлечены: отчетная документация управления федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Белгородской области, климатические данные метеостанций Богородицкое-Фенино Белгородской области и водно-балансовой станции Каменная Степь Воронежской области. В основу исследований положен ландшафтный и агроэкологический подходы. Применены следующие методы исследований: сравнительный, картографический, математико-статистический, методы системно-функционального анализа, аэрокосмический. Оценку достоверности результатов проводили с помощью статистических программных пакетов (*STATISTICA*, *MS Excel*).

Результаты и обсуждение. Трансформация климата за последние 100 лет считается установленным фактом для территории Белгородской области. По данным репрезентативной реперной климатической метеостанции Богородицкое-Фенино (Губкинский район Белгородской области), происходит снижение континентальности климата за счет увеличения осадков и «похолодания» летних температур и «потепления» зимних.

Аппроксимация ряда годовых сумм осадков экспоненциальным трендом, по данным метеостанции Богородицкое-Фенино (рис. 1), подтвердила существующие в литературе оценки относительно увеличения годовых сумм осадков в ЦЧР [1—3]. Анализ динамики годового количества осадков за тот же период, по данным водно-балансовой станции Каменная степь (Таловского района Воронежской области), показал аналогичные результаты. Коэффициент корреляции между величинами годового количества осадков указанных метеостанций равен 0,51 (при $p < 0,09$).

Сумма осадков холодного периода года с 1900 по 2011 г., судя по линии тренда, увеличилась более чем в 2 раза. Анализ данных по суммам осадков за теплый период года не выявил существенных изменений. Наиболее существенно увлажнение увеличивалось начиная с 50-х гг. XX века.

Статистический ряд годового количества осадков послужил основой для расчета (по фор-

муле Крицкого-Менкеля) вероятности превышения (P , %) максимального количества осадков. В результате расчетов выделили группы лет с разной обеспеченностью осадками: за исследуемый период большинство лет было средневодными ($33,3\% \leq P < 66,7\%$). Очень многоводные годы ($P < 16,7\%$) чаще отмечаются со 2-й половины XX в., а очень маловодные годы ($P > 83,3\%$) — в 1-й половине XX века.

Изменчивость интенсивности эрозионных процессов во многом определяется влиянием климатических факторов. Вместе с ростом количества осадков за последние 40 лет возросли и площади эродированных земель в природно-хозяйственных зонах Белгородской области: в западной зоне увеличение этого показателя составило от 30,5 до 35,6 %, в центральной зоне — от 45,2 до 53,6 % и юго-восточной — от 50,3 до 60,1 % [5].

Однако влияние изменения климата на функционирование эрозионно-склоновых систем оценить достаточно сложно. Связь годовых осадков и склонового ливневого стока установлена в логико-математической модели ливневой эрозии Г. И. Швевса [6] посредством гидрометеорологического показателя ливневой эрозии (Кгм). Зависимость «годовая сумма Кгм — годовые осадки» носит экспоненциальный характер ($K_{гм} = 0,02 \cdot e^{0,01P}$) [7]. Учитывая экспоненциальный характер зависимости «Кгм — годовые осадки», можно утверждать, что прогнозируемое к 2020—2030 гг. увеличение годовой суммы осадков на 30—40 мм (модели GFDL, UKMO и др.) приведет к росту среднегодовых значений Кгм примерно на 40—60 % по сравнению с последней четвертью XX века.

Связь годовой суммы осадков и объемов склонового весеннего стока выявить сложнее, т. к., несмотря на увеличение сезонных осадков, иногда наблюдаются тенденции снижения средних величин стока. Это объясняется тем, что повышение температур холодного пе-

риода вызывает снижение предвесенних снегозапасов за счет зимнего таяния снега при участившихся оттепелях на фоне роста суммы «зимних» осадков. В то же время повышение зимних температур снижает глубину промерзания почв, которая для лесостепных районов может служить (наряду с влажностью почвы) «лимитирующим» фактором стока. В лесостепной зоне сток не формируется при глубине промерзания менее 30—50 см, а при величине запасов влаги верхнего слоя почвы (0—50 см) менее 120—130 мм сток не формируется независимо от глубины промерзания и запасов воды в снеге [8]. Тем не менее на основании корреляционного анализа связи годовых сумм осадков и величин склонового весеннего стока для Белгородской области установлена достоверная корреляционная связь: коэффициент корреляции для зяби составил 0,92, для уплотненной почвы 0,98.

На основании вышесказанного можно утверждать, что увеличение годового количества осадков может способствовать усилению процессов склоновой эрозии. Следовательно, ранее спроектированные противоэрозионные комплексы будут иметь иную противоэрозионную эффективность, если они ориентированы на прежний климатический режим, а не на современные и будущие изменения в региональной климатической системе.

Комплексы противоэрозионных мероприятий — это долговременные мелиоративные системы, предназначенные для защиты почв от эрозии при формировании стока заданной обеспеченности (чаще всего 10 %). На основании расчетов слоев склонового стока для территории Белгородской области по методике, разработанной в Государственном гидрологическом институте [9], позволяющей вычислить сток различной обеспеченности, установлено превышение объемов склонового весеннего стока над ливневым во всех вариантах обеспеченности стока (табл. 1).

Таблица 1

Слой стока и годовая сумма осадков заданной обеспеченности для территории Белгородской области

Обеспеченность гидрологических характеристик, %	1	5	10	20	25	30	40	50	60	75	80	90
Годовая сумма осадков заданной обеспеченности, мм	830	727	683	634	613	596	553	537	510	466	450	407
Средний слой весеннего стока с зяби, мм	н/д	96	78	42	32	25	14	7	4	1	1	0
Средний слой весеннего стока с уплотненной почвы, мм	н/д	134	122	95	87	78	55	40	29	14	11	5
Слой дождевого стока, мм	43	17	10	8	4	—	—	—	—	—	—	—

Количество осадков различной обеспеченности для Белгородской области получили на основе построения аналитических кривых распределения по данным метеостанции Богородицкое-Фенино. Параметры аналитических кривых устанавливали методом моментов с использованием теоретических интегральных кривых распределения Крицкого-Менкеля с учетом отклонений по Фостеру-Рыбкину (при отношении коэффициента асимметрии (C_s) к коэффициенту вариации (C_v), равном 1).

Климатические характеристики различной вероятности превышения важно учитывать при проектировании противоэрозионных комплексов в условиях трансформации климата, т. к. это позволит избежать излишних затрат на реализацию мероприятий, направленных на регулирование склонового стока.

Для регулирования склонового стока, вызываемого деятельностью талых вод (табл. 2), помимо мероприятий постоянного действия (гидротехнических, лесомелиоративных), в агротехнической подсистеме способствовать адаптации к изменениям климатических показателей, по нашему мнению, должна мобильная часть противоэрозионных комплексов, которая позволит упреждать прогнозируемые климатические изменения.

Это ежегодные агротехнические мероприятия, спектр которых должен осуществляться в зависимости от водности года и возможности достижения максимального эффекта при минимальных затратах труда и денежно-материальных ресурсов на их выполнение. Выбор того или иного мероприятия осуществляется

конкретным землепользователем на основе сопоставления ожидаемых инвестиционных результатов и затрат. Поэтому в разработанной нами схеме перечень мероприятий дается в порядке возрастания затрат на проведение каждого (рис. 2).

Основными направлениями обработки почвы выступают нулевой, минимальный, а также поверхностный виды обработки почвы, которые применяют во все годы обеспеченности осадками. Перечень мероприятий в средневодные и многоводные годы шире и требует дополнительных затрат.

Наибольшую сложность представляет прогнозирование условий водности года. Динамику процесса, обусловленную действием какого-либо одного фактора, трудно оценить ввиду аддитивного действия факторов среды. Однако выявлено, что потенциальным предиктором прогноза осадков может выступать солнечная активность [10, 11], а именно 11-летние циклы активности Солнца. При этом на каждый пик возрастания его активности приходится снижение количества осадков ниже средне-многолетнего уровня. Пользуясь базой данных по солнечной активности (база данных по числам Вольфа), можно с большой вероятностью прогнозировать снижение количества осадков после наступления максимума солнечной активности. В соответствии с прогнозом, основанным на выявленных ритмических дендрозкологических изменениях [11], наиболее вероятный минимум радиального прироста древостоев ожидается в 2015 г. Следовательно, климатические условия 2015 г. в отношении почвенно-

Таблица 2

Агротехнические мероприятия для регулирования талого стока

Направленные на радикальное улучшение водно-физических свойств почв и повышение водопроницаемости	Направленные на поверхностное водозадержание	Направленные на обеспечение противоэрозионной устойчивости почвы	Снегонакопление и снегозадержание, направленные на регулирование поверхностного стока талых вод и регулирование запасов влаги	Регулирование снегоотложения и снеготаяния, направленные на воздействие на температурный режим почв и продолжительность вегетационного периода
1. Глубокая вспашка 2. Отвально-безотвальная вспашка 3. Безотвальное рыхление 4. Искусственное структурирование почвы 5. Щелевание 6. Кротование 7. Минимальная обработка почвы	Поперечная и контурная вспашка зяби Создание искусственного микро рельефа: • Лункование • Прерывистое бороздование • Обвалование • Создание микролиманов	1. Поверхностная обработка 2. Плоскорезная обработка с сохранением стерни 3. Мульчирование поверхности	1. Снегопахание 2. Использование снежных заборов 3. Создание снежных валов	Зачернение снега золой, торфяной крошкой, перегноем, фосфоритной мукой

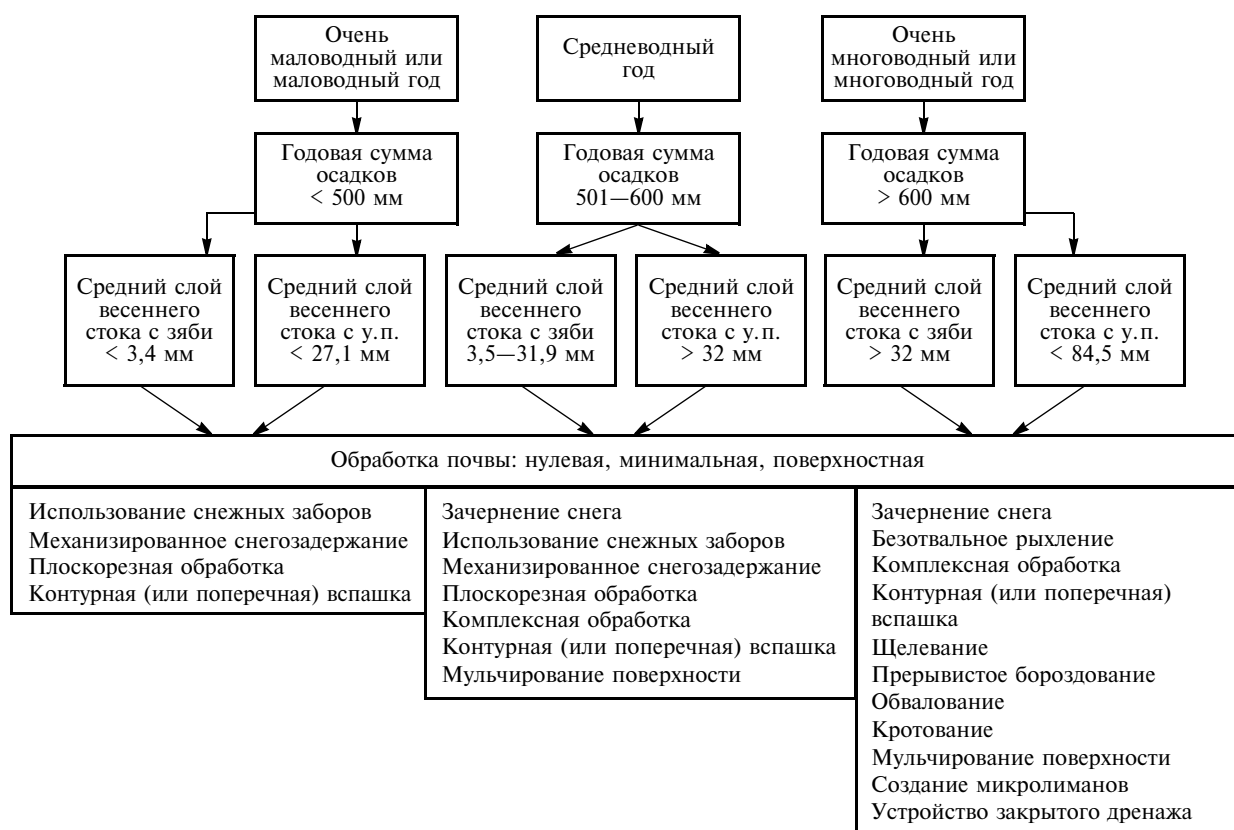


Рис. 2. Возможности регулирования склонового весеннего стока при различных климатических сценариях

го стока в Белгородской области можно оценить как очень многоводные.

Выводы. Увеличение годовой суммы осадков в Белгородской области происходит за счет осадков холодного периода года. С помощью корреляционного анализа показана связь годовой суммы осадков и слоев склонового весеннего стока. В маловодные годы (годовая сумма осадков < 500 мм) для регулирования весеннего склонового стока достаточно проведения мало-затратных агротехнических мероприятий. Для средних по водности лет (годовая сумма осадков 501–600 мм) спектр мероприятий может быть шире, чем в маловодные годы, и направлен, в основном, на обеспечение противоэрозийной устойчивости почвы. В многоводные го-

ды (годовая сумма осадков > 601 мм) набор мероприятий более затратный и должен быть направлен на поверхностное водозадержание и регулирование снегоотложения.

Таким образом, трансформация климата на современном этапе приводит к росту количества осадков, что способствует усилению темпов склоновых эрозионных процессов. Проектирование противоэрозионных комплексов должно осуществляться с учетом изменения климатических показателей. Помимо мероприятий постоянного действия, в агротехнической подсистеме можно выделить мобильную часть, которая позволит упреждать прогнозируемые изменения водности и увеличение эрозионного потенциала осадков.

Библиографический список

1. Чорний С. Г. Трансформація клімату та ерозійна небезпека на Півдні України // Вісник аграрної науки. — 2004. — № 4. — С. 45–48.
2. Окулик Е. В. Эрозия почв и миграция химических веществ с талым стоком: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Москва, 2006. — 22 с.
3. Лебедева М. Г., Крымская О. В. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области // Научные ведомости БелГУ. — 2008. — № 3 (43). — Вып. 6. — С. 188–196.
4. Архив погоды в Богородицком [Электронный ресурс]. — URL://rp5.ru/archive.php?wmo_id=34110&lang=ru.

5. Лисецкий Ф. Н., Польшина М. А., Нарожняя А. Г., Кузьменко Я. В. Решение почвоводоохранных и экологических задач при внедрении ландшафтных систем земледелия // Проблемы региональной экологии. — 2007. — № 6. — С. 72—79.
6. Швебс Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 184 с.
7. Светличный А. А., Черный С. Г., Швебс Г. И. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты: монография. — Сумы: Университетская книга, 2004. — 410 с.
8. Канатьева Н. П., Краснов С. Ф., Литвин Л. Ф. Современные изменения климатических факторов эрозии в северном Приволжье // Эрозия почв и русловые процессы. — М.: Географический факультет МГУ. — Вып. 17. — 2010. — С. 14—28.
9. Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противозозионных мероприятий на Европейской территории СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1979. — 62 с.
10. Матвеев Н. П. Формирование гидрографической сети южной части Московской области // Землеведение, новая серия. — 1963. — Т. 6 (46).
11. Митряйкина А. М. Геоэкологическая оценка влияния гелиоклиматических факторов на радиальный прирост деревьев: автореф. дис. ... канд. географ. наук. — Белгород, 2006. — 22 с.

Increasing the adaptive capacity of forest-steppe agrolandscapes to changing climatic conditions (Belgorod region)

M. A. Polshina, senior lecturer, polshina@bsu.edu.ru,

S. V. Kalugin, associate Professor, kalugina_s@bsu.edu.ru,

N. S. Kuharuk, associate Professor, kuharuk@bsu.edu.ru,

A. M. Mitryaykina, associate Professor, mitryaykina@bsu.edu.ru,

L. V. Martsinevskaya, associate Professor, martsinevskaya@bsu.edu.ru,

Belgorod state national research University (Belgorod state University).

References

1. Chernyi S. G. Transformation of climate and erosion risk in southern Ukraine. Bulletin of Agricultural Science. — 2004. — No. 4. — P. 45—48.
2. Okulik E. V. Soil erosion and the migration of chemicals from snowmelt runoff: author. dis. ... candidate. biol. science. — Moscow, 2006. — 22 p.
3. Lebedeva M. G., Crimskaya O. V. Modern manifestation of climate change in the Belgorod region. Scientific Statement BSU. — 2008. — No. 3 (43). — Issue. 6. — P. 188—196.
4. Weather archive in the Mother of God [electronic resource]. — URL: // rp5.ru/archive.php?Wmo_id=34110&lang=ru.
5. Lisiecki F. N., Polshina M. A., Narozhnaya A. G., Kuzmenko Y. V. Decision of soil and water resources and environmental problems in the implementation of landscape farming systems. Problems of regional ecology. — 2007. — No. 6. — P. 72—79.
6. Shvebs G. I. Formation water erosion, sediment runoff and evaluation. — Gidrometeoizdat, 1974. — 184 p.
7. Svetlichnyi A. A., Chernyi S. G., Shvebs G. I. Eroziovedenie: theoretical and applied aspects: monograph. — Sumy University Book, 2004. — 410 p.
8. Kanateva N. P., Krasnov C. F., Litvin L. F. Recent changes in climate factors of erosion in the northern Volga. Soil erosion and channel processes. — Moscow: Moscow State University Department of Geography. — Issue. 17. — 2010. — P. 14—28.
9. User defined design hydrological characteristics in the design of erosion control measures in the European territory of the USSR. — Gidrometeoizdat, 1979. — 62 p.
10. Matveev N. P. Formation drainage southern Moscow region. Geography, the new series. — 1963. — V. 6 (46).
11. Mitryaykina A. M. Geo-ecological assessment of the impact gelioklimaticheskikh factors on radial growth of trees: abstract. dis. ... candidate. geographer. science. — Belgorod, 2006. — 22 p.