МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВПО «МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА:

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ

Материалы международного научно-практического семинара

2-3 сентября 2011

FOREST ECOSYSTEMS UNDER CLIMATE CHANGE:

BIOLOGICAL PRODUCTIVITY AND REMOTE MONITORING

Proceedings of the International scientific-practical seminar

2-3 September 2011

Йошкар-Ола
МарГТУ
2011

УДК 630*182
ББК 43.4
Л 50

Редакционная коллегия:
Э. А. Курбанов, О. Н. Кранкина, Ю. П. Демаков, С. А. Лежнин

Электронное издание подготовлено по решению оргкомитета конференции и редакционно-издательского совета МарГТУ

Л 50 **Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг:** материалы международного научно-практического семинара [Электронный ресурс]. − Электрон. дан.− Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2011. − 190 с. − URL: http://csfm.marstu.net/publications.html
ISBN 978-5-8158-0935-2

В сборнике представлены доклады участников международного научно-практического семинара, проводившегося в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам».

В работе семинара приняли участие более 70 человек, из них 40 − молодые ученые, включая аспирантов и магистрантов. Обсуждались вопросы картирования, оценки биологической продуктивности и классификации лесных насаждений по спутниковым снимкам среднего и высокого разрешения. Отдельная секция семинара (У.М.Н.И.К.) посвящена вопросам биотехнологий и искусственного лесовыращивания. Основная цель программы «У.М.Н.И.К.» - выявление молодых учёных, стремящихся самореализоваться через инновационную деятельность, и стимулирование массового участия молодежи в научно-технической и инновационной деятельности путем организационной и финансовой поддержки инновационных проектов.

Для преподавателей, аспирантов и студентов лесохозяйственных факультетов, а также специалистов лесного хозяйства.

УДК 630*182
ББК 43.4

ISBN 978-5-8158-0935-2

© Марийский государственный технический университет, 2011
© Центр устойчивого управления лесами МарГТУ, 2011

ACKNOWLEDGEMENT

The seminar was carried out under support of Russian Ministry on Education and Science in the framework of Federal target program «Scientific and pedagogical personnel of innovative Russia for 2009-2013» GK № 02.740.11.5202 «Regional evaluation of methods of mapping land cover from satellite imagery».

Семинар проводился при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам».

СОДЕРЖАНИЕ

Губаев А. В., Курбанов Э. А., Воробьев О. Н., Лежнин С. А., Полевщикова Ю. А. Классификация наземного покрова Среднего Поволжья по спутниковым снимкам среднего разрешения…….. 7

Лежнин С. А., Полевщикова Ю. А. Динамика спектральных характеристик лесного покрова молодняков Марийского Заволжья по спутниковым снимкам…….... 19

Полевщикова Ю. А., Валиуллина Р. Р. К вопросу пространственно-временного анализа землепользования по данным дистанционного зондирования…… 24

Александрова Т. Л., Устюгова Л. С. Биоэнергетический потенциал неиспользуемых сельскохозяйственных земель Республики Марий Эл……..... 28

Новокшонова Е. В., Незамаев С. А. Оценка сукцессии лесной растительности на землях запаса Марийского Заволжья по спутниковым снимкам ……..…… 32

Валиуллина Р. Р., Александрова Т. Л. Оценка соответствия углерододепонирования лесными насаждениями южно-таежной части Марийско-Вятского увала требованиям Киотского протокола…..……...…… 37

Воробьев О. Н., Курбанов Э. А. Генерализация тематических карт снимков Landsat ETM+…… 43

Губаев А. В. Оценка точности тематических карт растительного покрова по спутниковым снимкам в среде ГИС…….. 48

Устюгова Л. С. К вопросу использования земель запаса и перераспределения под киотские леса……... 56

Незамаев С. А., Новокшонова Е. В. К вопросу об использовании спутниковых данных для оценки лесных экосистем……...…… 61

Демаков Ю. П., Иванов А. В., Сафин М. Г. Факторы динамики годичного прироста в высоту сосновых древостоев Республики Марий Эл…… 66

Каплина Н. Ф. Строение древостоев сосны по классам роста и развития деревьев как фактор биопродукционного состояния…… 76

Осмачко О. Е. Анализ качества таксации по спутниковым снимкам……..……... 83

Вайс А. А. Сомкнутость крон и полога на уровне древостоя и растущего дерева…..... 86

Демаков Ю. П., Сафин М. Г., Нехаев И. Н. Пространственное распределение и взаимовлияние деревьев в чистых сосновых древостоях…..…… 93

Алексеев П. В., Алексеев А. В., Янышева О. А. Интенсивный уход на богатых типах почвы в пирогенных березняках семенного происхождения…… 102

Кириллов С. В., Лебедева Э. П., Яковлев А. С., Краснов В. Г. Изменчивость феноспектров дуба черешчатого в условиях лета 2011 года по сравнению с аномально жарким летом 2010 года……..……..…… 106

Воронов М. П., Усольцев В. А., Кох Е. В., Мезенцев А. Т., Крудышев В. В., Лазарев И. С., Чендарев Д. В., Сенчило Н. В. Оценка и картирование биологической продуктивности лесного покрова в среде Natural (на примере Уральского региона)… 109

Калинин К. К. О восстановлении лекарственных растений на гарях 1972 года в Республике Марий Эл…….. 114

Нуреева Т. В., Белоусов А. А., Чурикова М. Н. Особенности роста древесных пород в смешанных культурах на бывших сельскохозяйственных площадях Кировской области…… 117

Калинин К. К. Формирование молодняков на гарях сосновых насаждений на 38-м году после пожаров 1972 года в Республике Марий Эл…… 121

Глушко С. Г. К проблеме исследования стабильности устойчивых коренных и производных лесов……... 126

Черных В. Л., Вдовин Е. С. Закономерности распределения основных таксационных показателей в лесных стратах на территории Учебно-опытного лесничества Марий Эл…….. 129

Чернов В. И. Сравнительная оценка различных форм осины в Закамье Республики Татарстан…… 137

Батухтина Т. С. Оценка успешности естественного лесовозобновления на площадях, пройденных пожарами 2010 года……... 140

Алексеев А. В., Калинин К. К., Мальков Д. П., Иванов А. В., Батухтина Т. С., Янышева О. А., Хусаинов Р. Р. Особенности естественного возобновления в различных лесорастительных условиях на гарях 2010 года в Республике Марий Эл (на примере Куярского и Куженерского лесничеств)…… 142

Корепанов А. А., Корепанов А. Д. Температурный режим, промерзание и оттаивание торфяных почв Прикамья……... 149

Мифтахов Т. Ф., Нуреева Т. В. Сравнительные показатели насаждений сосны обыкновенной естественного и искусственного происхождения в условиях свежей сурамени…….. 152

СЕКЦИЯ У.М.Н.И.К.

Большакова Е. Е., Киселева Л. Б. Исследование состава тела методом биоимпедансометрии……... 159

Воробьева М. С. Оптимизация технологии микроклонального размножения рода Phlox paniculata…… 162

Курочкина М. А. Биотехнологии в оценке качества окружающей среды…….. 164

Масленникова С. Н. Динамика численности физиологических групп микроорганизмов некоторых злаковых растений в процессе их роста и развития…… 166

Микунова М. А., Сергеев Р. В. Изучение процессов развития растений хризантемы в культуре in vitro……..…….. 173

Мифтахов Т. Ф., Нуреева Т. В. Экологическое и экономическое обоснование искусственного выращивания насаждений в условиях сурамеей для получения древесины с заданными свойствами..... 175

Овчинникова О. А., Шейкина О. В. Оценка уровня генетической изменчивости семян сосны обыкновенной нормальной селекционной категории с использованием ISSR-маркеров..... 177

Баклыкова Е. В., Канарский А. В. Разработка эффективной технологии получения посадочного материала декоративных сортов растений *Gerbera jamesonii*..... 180

Денисов С. А., Самоделкина В. В. Прогнозирование лесовозобновления на свежих сосновых горельниках..... 181

Григорьева А. Р. Разработка методического комплекса для оценки качества окружающей среды на полигонах твердых бытовых отходов и территориях, прилегающих к ним..... 183

Стробыкина С. Н., Киселева Л. Б. Уровень онкомаркера простатспецифического антигена среди мужчин пожилого и старческого возраста..... 185

УДК 630*587.6

КЛАССИФИКАЦИЯ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ СРЕДНЕГО РАЗРЕШЕНИЯ

А. В. Губаев, Э. А. Курбанов, О. Н. Воробьев, С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова
Марийский государственный технический университет

CLASSIFICATION OF LAND COVER IN MIDDLE POVOLGIE WITH THE USE OF SATELLITE IMAGES OF MIDDLE RESOLUTION

A. V. Gubaev, E. A. Kurbanov, O. N. Vorobyov, S. A. Lezhnin, Y. V. Polevshikova
Mari State Technical University

В течение последних трех десятилетий произошло существенное увеличение числа космических спутников и программных средств, обеспечивающих уникальную информацию и методы для работы с тематической информацией о состоянии земного покрова (Bartalev et al., 2003; Bartholome and Belward 2005; Kamel et al., 2006; Julien et al., 2006; Chand et al., 2007; Zhang et al., 2007; Колесникова, Черепанов, 2009; Барталев и др., 2009; Ran et al., 2010; Alrababah et al., 2011; Савин и др., 2011). На уровне низкого пространственного разрешения (1-8 км) карта глобального растительного покрова была создана центром Eros Data (USGS), расположенного в университете Мериленд (Loveland et al., 2000). Рабочая группа NASA MODIS выпустила глобальную карту земной поверхности (Friedl et al., 2002), включающую динамику растительного покрова (phenology) и процент покрытия земной поверхности древесным пологом (VCF) (Hansen et al., 2004). Карта нарушений (вырубки, пожары) между 1990-2000 гг. для наземных экосистем Северной Америки (США и Канада) была разработана с использованием программы LEDAPS (Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System) и архива спутниковых снимков Landsat (Masek et. al., 2008). Результаты исследования свидетельствуют о том, что индекс нарушенности, рассчитанный на основе динамики изменений на снимках после преобразования Tasseled Cap («Колпачок с кисточкой»), ежегодно составляет 2-3% для территории США и Канады.

Среди других разработок по картированию растительного покрова Северной Евразии следует отметить карту земной поверхности SPOT-VEGETATION (Bartalev et al., 2003; Барталев и др., 2004) и атлас приграничных лесов World Forest Watch (Aksenov et al., 2002).

Все существующие программные средства по оценке наземного покрова могут быть полезны для исследований и в принятии решений на региональном уровне в ответ на вызовы меняющегося климата. Но некоторые факторы ограничивают использование этих продуктов. Например, для большинства продуктов по оценке наземного покрова приведено недостаточно инструктивной информации по работе со специальными приложениями (Jung et al. 2006). Несмотря на рост методов по распознаванию наземного покрова (Healey et al. 2004), производство точных карт изменений в региональном земле- и лесопользовании остается сложным вопросом. Глобальные обобщения (компиляции) региональных проектов по изучению изменений в наземном покрове выявляют проблему их несовместимости (Lepers et al. 2005) и свидетельствуют о необходимости улучшения картирования растительного покрова и его изменений, а также понимания причин таких трансформаций.

Целью наших исследований является оценка наземного покрова в Среднем Поволжье по спутниковому снимку Landsat ETM+ по методике FAO LCCS и международного проекта Nelda.

Используемые данные:

а) результаты полевых исследований 2002 – 2010 гг.;

б) материалы лесоустройства (планы лесонасаждений и таксационные описания по лесничествам Республики Марий Эл);

в) топографические карты на территорию республики;

г) местные таблицы хода роста насаждений;

д) сцена Landsat ETM + 2001 г (табл. 1);

е) снимки спутника Alos на территорию Марий Эл 2007-2009.

Таблица 1

Характеристика исследуемой сцены

Спутник	Покрытие	Время съемки	Тип материала	Облачность
Landsat 7 ETM+	Path 172, Row 20	май 2001	GeoTiff	Отсутствует

Методика создания и классификации тематической карты наземного покрова по спутниковому снимку Landsat 7 ETM+

1) ***Предварительная подготовка изображения***

В работе была использована сцена спутника Landsat-7 ETM+ (Path 172, Row 21) от 10 мая 2001, прошедшая радиометрическую и геометрическую обработку уровня 1G, с пространственным разрешением 30 м в проекции UTM (zone 42N, WGS84).

Атмосферная коррекция изображения снимка спутника Landsat-7 ETM+ (Path 172, Row 21) была выполнена в модуле FLAASH программного комплекса ENVI-4.8.

Для выявления трех главных показателей (brightness, greenness and wetness), способствующих дешифрированию объектов местности на космических снимках, в пакете ENVI-4.8 использован алгоритм ***Tasseled Cap***. Этот алгоритм представляет собой эмпирическое линейное преобразование 6 каналов мультиспектрального изображения в три отдельных (рис. 1) изображения (яркость, зелень и влажность), обычно используемых при изучении наземного покрова местности (Crist, 1985).

Полученные изображения (brightness, greenness и wetness) в пакете ENVI-4.8 были синтезированы в одну сцену BGW (рис.2).

2) ***Легенда тематической карты***

В качестве легенды для тематических карт местности использовалась методика международного проекта NELDA (Northern Eurasia land dynamics analyses) и LCCS (Land Cover Classification System) (http://www.glcn-lccs.org). Для изучаемой местности была создана легенда, согласно которой проводилась неуправляемая классификация спутниковых снимков Landsat, и сформированы тематические карты растительного покрова. В зависимости от полноты, породного состава и возраста насаждения крупные классы древесного растительного покрова были выделены 18 основных классов (табл. 2).

Структура классификации по системе LCCS предполагает формирование системы иерархичности классов легенды согласно господству жизненных форм. Преобладающие жизненные формы – это жизненные формы верхнего яруса, представленные как деревьями, так и кустарниками и травянистыми растениями. Иерархичность построения легенды классов заключается в том, что на высшей ступени стоит класс деревья и далее − по мере уменьшения значимости (от высоких к низким) в структуре древесно-растительного покрова. Таким образом, формируются классы легенды, а на их основе строятся тематические карты наземного покрова.

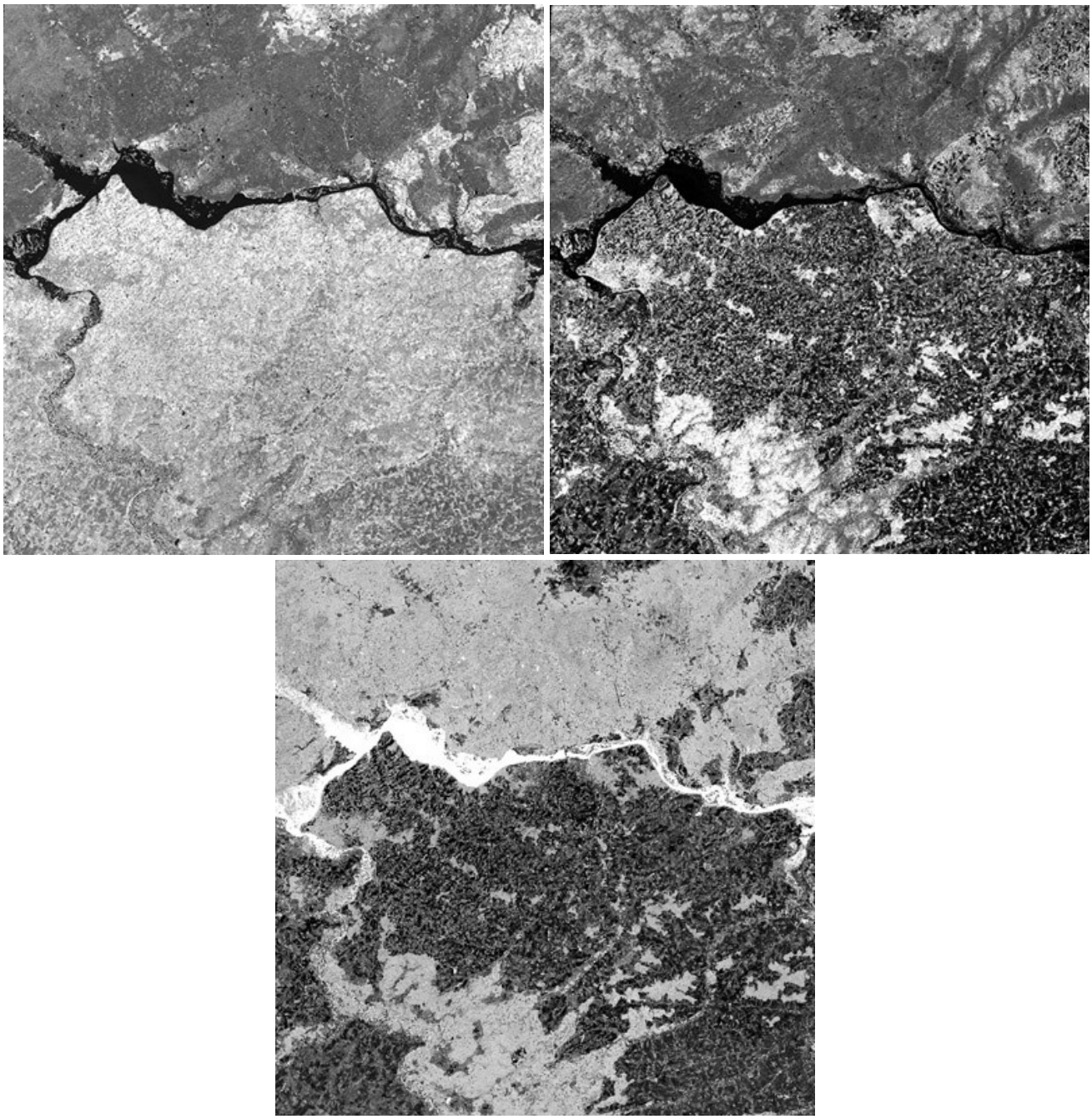


Рис. 1. Сцена спутника Landsat-7 ETM+ (Path 172, Row 21) после процедуры tasseled cap:
а) индекс Brightness (B), б) Greenness (G), с) Wetness (W)

Данное условие учитывается в совокупности с параметром «покров» с показателями от сомкнутого до открытого (LCCS). При этом покров более 65% относится к категории «сомкнутый», а покров в пределах 65%-15% − к категории «открытый». Следует отметить, что, согласно вышеупомянутой легенде, участки с древесным покровом, не превышающим 15%, будут отнесены к категории *Лишенный Растительности и Покрытый Редкой Растительностью*, если только преобладающая растительность не представлена травами или кустарником. Формируемые классы должны иметь два уровня детализации. На низшем втором уровне формируется карта с детальной легендой из определенного количества заранее выбранных классов для изучаемого региона. На первом высшем уровне происходит объединение ранее сформированных классов второго уровня по их структурным признакам: например, классы, которые относятся к древесной растительности, но отличаются по своим структурным признакам

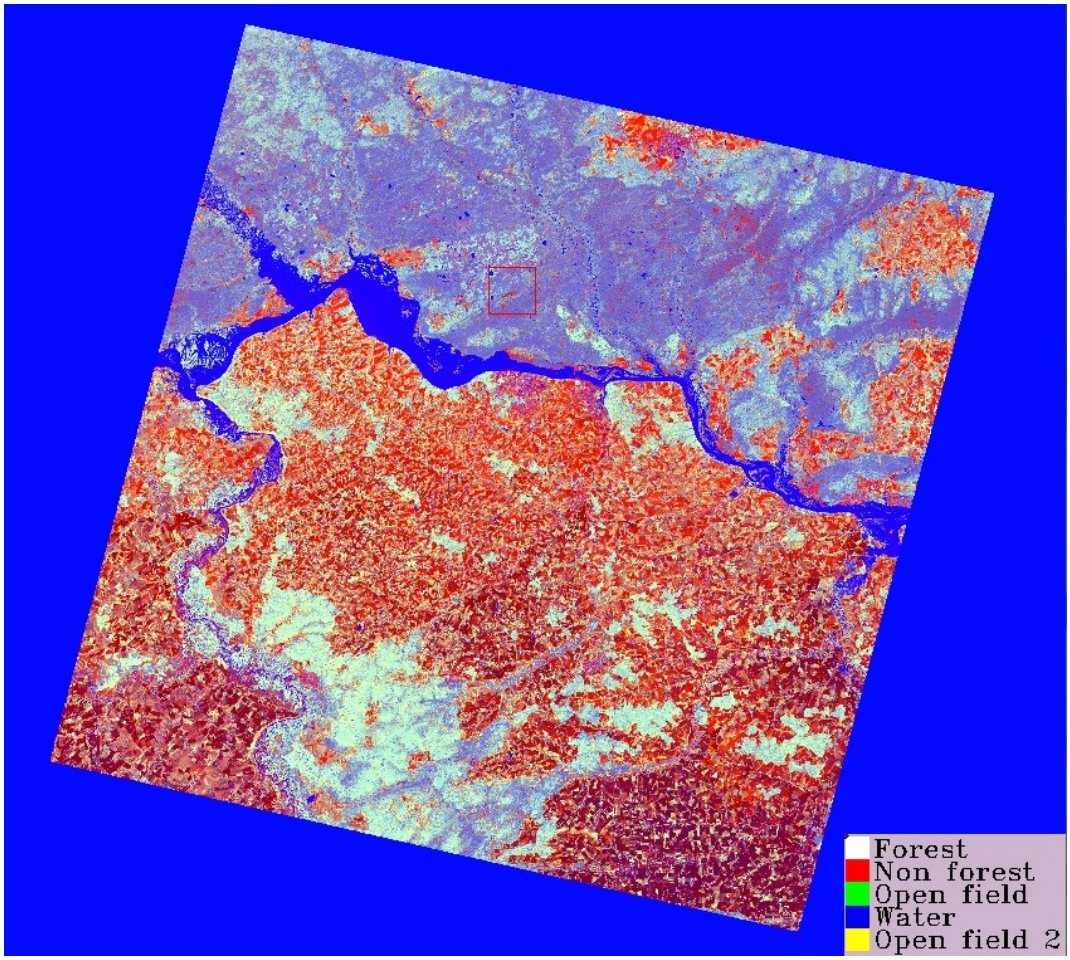


Рис. 2. Сцена спутникового снимка Landsat (синтез трех каналов BGW) на изучаемую территорию после трансформации «Tasseled Cap»

друг от друга, объединяются в один общий – деревья. Таким образом, формируются пять основных классов наземного покрова: деревья, кустарники, трава, непокрытые растительностью земли, водные объекты.

Дешифрирование наземных природных и искусственных объектов по мультиспектральным снимкам Landsat ETM+ основывается на различии их спектральных характеристик. Создание тематической карты местности представляет собой декомпозицию растрового спутникового изображения по спектральным сигнатурам в отдельные классы наземного покрова путем его классификации. В нашем случае применялась неуправляемая классификация в программном комплексе ENVI–4.8 методом IsoData (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique – итеративный самоорганизующийся способ анализа данных), который основан на оценке критериев близости точек в пространстве признаков.

Работа выполнялась в несколько этапов.

На первом этапе после проведения первичной классификации были получены тематические изображения четырех классов – лесные, нелесные земли, водные объекты и населенные пункты, два из которых потом в виде масок удалялись из дальнейшего процесса классификации (рис. 3, 4).

В процессе классификации изображения (BGW) на 25 итераций получена первичная тематическая карта на 25 классов.

Таблица 2

Легенда тематической карты наземного покрова для сцены Landsat ETM+

п/п №	Наименование класса	Код класса	Класс	Примеры	
				Фото	Описание на английском языке
1	Хвойный сомкнутый	TNEC	Основной ярус представлен сомкнутым древостоем хвойных вечнозеленых пород высотой более 3 м и сомкнутостью полога более 65%. Преобладающие породы сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris*) и ель европейская (*Picea Abies*) составляют более 75% от состава насаждения		***Tree.Needleleaved.Evergreen.Closed*** The main layer consists of needleleaved evergreen closed trees with the height > 3 m and the crown cover more than 65%. Dominating trees (*Pinus Sylvestris* and *Picea Abies*) in stand composition constitute more than 75%.
2	Хвойный открытый	TNEO	Основной ярус представлен хвойными породами высотой более 3 м и сомкнутостью полога 15-65%. Преобладающие породы (те же, см. пункт 1) составляют более 75% от состава насаждения		***Tree.Needleleaved.Evergreen.Open*** The main layer consists of needleleaved evergreen species with the height > 3 m and the crown cover 15-65%. Dominating trees (*Pinus Sylvestris* and *Picea Abies*) in stand composition constitute more than 75%.
3	Лес на болоте	TNEO_W	Земли с уровнем вод около/на/выше уровня поверхности почвы в течение достаточно длительного периода. Растительность представлена древесными породами выше 3 м – сосной обыкновенной *(Pinus Sylvestris)* и березой повислой *(Betula Pendula*).		***Tree.Needleleaved.Evergreen.Open. Wetland*** Land with water table near/at/above soil surface for enough time to promote wetland or aquatic processes. Dominating trees (*Pinus Sylvestris* and *Betula Pendula*) with height > 3 м.
4	Лиственный сомкнутый	TBDC	Основной ярус представлен древостоем лиственных пород высотой более 3 м и сомкнутостью полога более 65%. Преобладающие породы – береза повислая (*Betula Pendula)* и тополь дрожащий (*Populus Tremula*) составляют более 75% от состава насаждения.		***Tree.Broadleaved.Deciduous.Closed*** The main layer consists of broadleaved deciduous closed trees with the height > 3 m and the crown cover more than 65%. Dominating trees (*Pinus Sylvestris* and *Picea Abies*) in stand composition constitute more than 75%.

В оглавление

5	Лиственный открытый	TBDO	Основной ярус представлен лиственными листопадными породами высотой более 3 м и сомкнутостью полога 15-65%. Преобладающие породы (те же, см. пункт 4) составляют более 75% от состава насаждения.		***Tree.Broadleaved.Deciduous.Open*** The main layer consists of broadleaved deciduous specious with the height > 3 m and the crown cover 15-65%. Dominating trees (*Pinus Sylvestris* and *Picea Abies*) in stand composition constitute > 75%.
6	Смешанный сомкнутый	TMC	Участки с преобладанием деревьев, на которых ни лиственные листопадные, ни хвойные породы не составляют > 75% от состава насаждения. Высота деревьев выше 3 м и сомкнутость полога более чем > 65%.		***Tree.Mix.Closed*** Areas dominated by trees where neither deciduous (broadleaved) nor evergreen (needle leaved) species represent > 75% of the cover composition. The height of the trees > 3m and the crown cover > 65%.
7	Лесовозобновление на заброшенных с.-х. землях и лесном фонде (вырубки, гари) возрастом более 5 лет	TMC_NR	Основной ярус представлен молодой древесной растительностью лиственных или хвойных пород с сомкнутостью полога > 65% и высотой деревьев более 3 метров. Ни лиственные, ни вечнозеленые хвойные породы не составляют > 75% от его состава. Преобладающие породы − береза повислая (*Betula Pendula),* ива козья (*Salix Caprea),* сосна обыкновенная *(Pinus Sylvestris)*		***Tree.Mix.Closed_Natural.Regeneration*** Areas with presence of young tree vegetation in a transition phase on the abandoned fields. The height of the vegetation is higher than 3 meters and the crown cover > 65%. Neither deciduous (broadleaved) nor evergreen (needle leaved) species represent > 75% of the cover composition. Dominating species − *Betula Pendula, Salix Caprea, Pinus Sylvestris.*
8	Смешанный открытый	TMO	Представлены деревьями высотой более 3 м, где ни лиственные листопадные, ни вечнозеленые хвойные породы не составляют > 75% от состава насаждения. Сомкнутость полога составляет 15-65%.		***Tree.Mix.Open*** Areas dominated by trees with the height >3 m, where neither deciduous (broadleaved) nor evergreen (needle leaved) species represent > 75% of the cover composition. The crown cover is between 15-65%.

В оглавление

9	Населенные пункты (города, поселки)	TMO_B	Наземный покров представлен постройками, где площадь зданий и сооружений, созданных человеком, составляет более 15%. Включает смешанный древесный растительный покров с высотой деревьев выше 3 м и сомкнутостью полога менее 15%.		***Tree.Mix.Open_Built*** The land cover consists of built up areas where buildings or man-made structures cover more than 15% of the area with the mixed trees in the height > 3 m and crown cover <15%.
10	Лесовозобновление на заброшенных с.-х. землях с полнотой менее 0,5	TMO_NR	Основной ярус представлен разреженной молодой древесной растительностью выше 3 м и сомкнутостью полога 15-65%. Ни лиственные листопадные, ни вечнозеленые хвойные породы не составляют > 75% от его состава.		***Tree.Mix.Open_Natural.Regeneration*** Areas with presence of young tree vegetation with the height >3 m and crown cover 15-65%. в in a transition phase on the abandoned fields. Neither deciduous (broadleaved) nor evergreen (needle leaved) species represent > 75% of the cover composition.
11	Кустарник на болоте	SC_W	Растительность высотой до 3 м, представленная кустарником багульник (*Ledum palustre)*, болотный мирт или кассандра (*Chamaedaphne calyculata)*, подбел или андромеда (*Andromeda polifolia),* голубика обыкновенная *(Vaccínium uliginósum*) в сумме превышают 65% проективного покрытия.		***Shrub.Closed_Wetland*** The main layer consists of shrub vegetation (*Ledum palustre, Chamaedaphne calyculata*, A*ndromeda polifolia, Vaccínium uliginósum*) with the height < 3 m and the projective cover more than 65%.
12	Лесовозобновление (посадки) на заброшенных с-х землях и на землях лесного фонда (вырубки, гари) до 5 лет.	SC_NR	Основной ярус представлен молодой древесной растительностью лиственных или хвойных пород с сомкнутостью полога > 65%. Высота деревьев менее 3 метров.		***Shrub.Closed_Natural.Regeneration*** Areas with presence of young tree vegetation with the height < 3 m and the crown cover more than 65% in a transition phase on the abandoned fields and forest cutting lands.

В оглавление

13	Лесовозобновление (посадки) на заброшенных с-х землях и на землях лесного фонда (вырубки, гари) до 5 лет.	SO_NR	Основной ярус представлен молодой древесной растительностью лиственных или хвойных пород с сомкнутостью полога 15-65%. Высота деревьев менее 3 метров.		***Shrub.Open_Natural.Regeneration*** Areas with presence of young tree vegetation with the height < 3 m and the crown cover 15-65% in a transition phase on the abandoned fields and forest cutting lands.
14	Растительный покров населенных пунктов	SO_B	Древесно-кустарниковая растительность населенных пунктов и садов с суммой проективного покрытия 15-65% и высотой растительности менее 3 м.		***Srub.Open_Built*** Shrub vegetation on the lands of manmade areas (dacha) with the height of < 3 m and 15-65% of the projective cover.
15	Травянистый сомкнутый	HC	Основной ярус представлен сомкнутой травянистой растительностью, с проективным покрытием более 65% и высотой до 2 м.		***Herbaceous.Closed*** The main layer consists of closed herbaceous vegetation with the projective cover > 65% and the height < 2 m.
16	Обрабатываемые земли	HC_cultivated	Сезонный максимум травянистой растительности соответствует 75-100% площади. Земли используются под выращивание злаковых (пшеница, ячмень, овес) и овощных культур (картофель, свекла, морковь).		***Herbaceous.Cultivated*** Peak herbaceous vegetation accounts for 75-100% of the cover. Areas used for the production of grains (wheat, barley, and oats) and vegetables (potato, beet, carrot).

В оглавление

Окончание таблицы 2

17	Лишенный растительности	BL	Участки, лишенные растительности, с покровом менее 15% в течение 10 и более месяцев в году (песчаный карьер, пляж).		***Bare.Land*** Primarily non-vegetated areas containing less than 15% vegetation cover during at least 10 months a year (sand pit, beach)
18	Водный объект	W	Покров представлен водоемами с наличием воды более 11 месяцев в году.		***Water*** The land cover consists of perennial water bodies where water is present > 11 months.

В оглавление

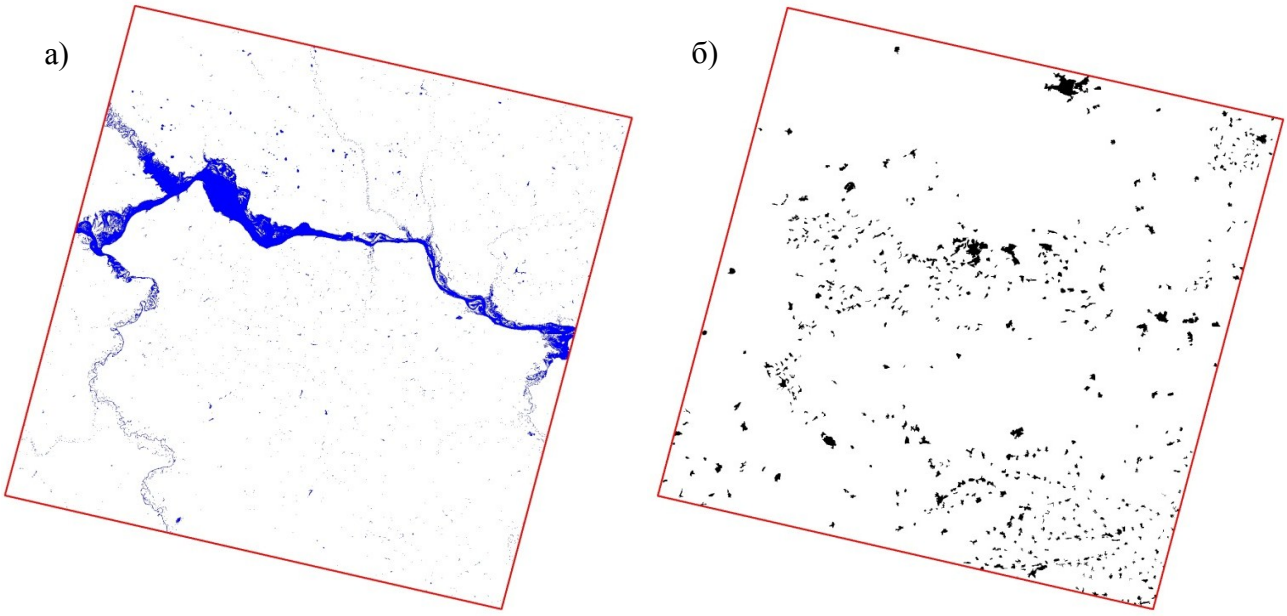


Рис. 3. Маски изображений: а) на водные объекты и б) на населенные пункты

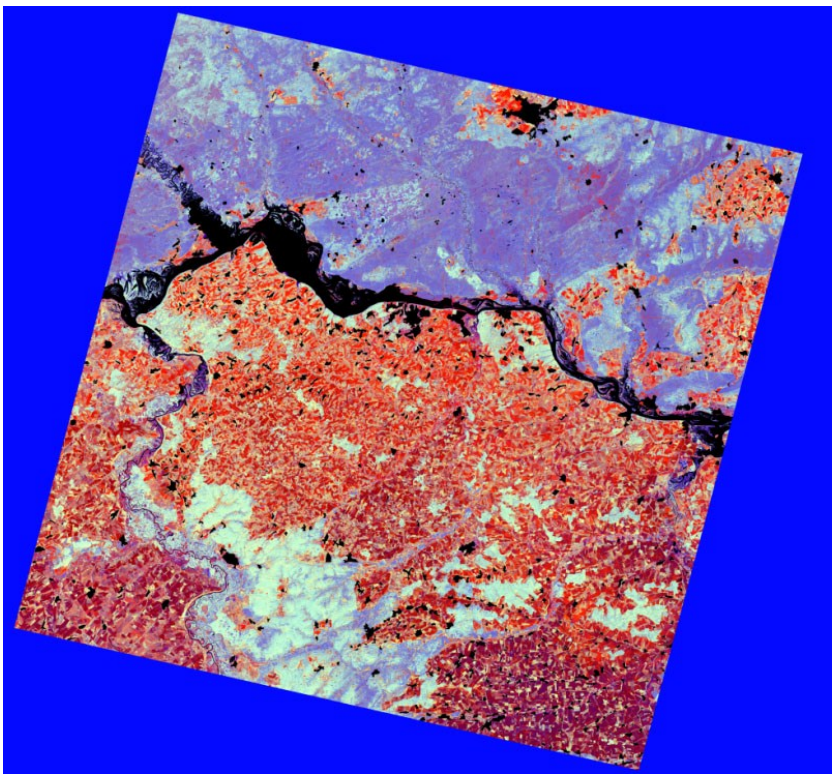


Рис. 4. Снимок BGW без водных объектов и населенных пунктов

3) Далее выделенный в виде отдельной маски класс «лесные земли» проходил вторичную классификацию с установленной градацией в 25 классов для выделения хорошо опознанных классов внутри выделенных ранее крупных классов растительного покрова с подразделением на подклассы (рис. 5).

Полученная таким образом каждая маска тематической карты проходила вторичную детальную классификацию, в процессе которой объекты, имеющие близкие спектральные характеристики, были объединены в один класс (например, хвойные перестойные и хвойные спелые) (табл. 3,4). После проведения таких операций со всеми слоями на снимке были выделены все 18 искомых классов.

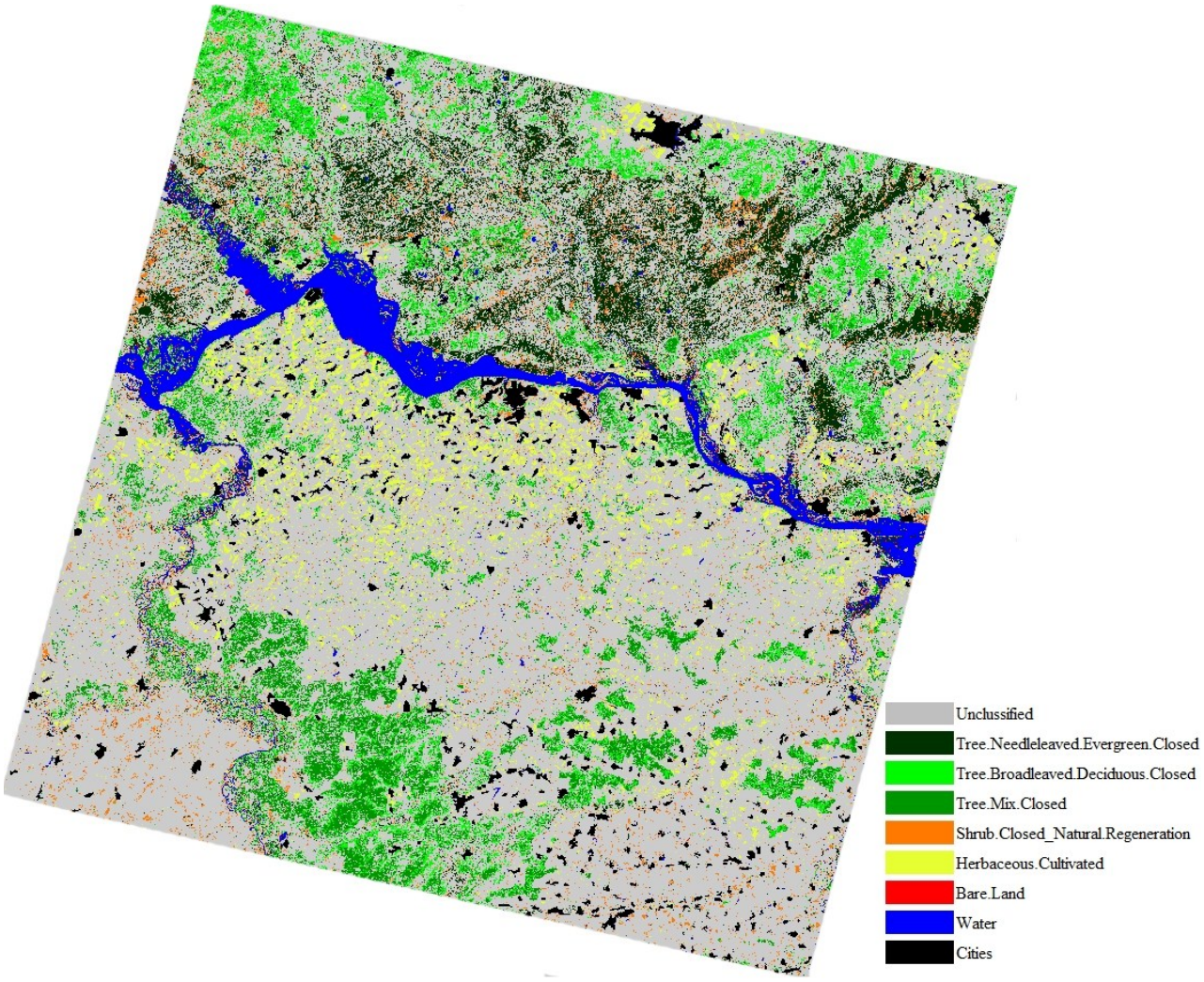


Рис. 5. Результат первичной неуправляемой классификации изображения с выделением 6 классов растительного покрова

Таблица 3

Результат первичной неуправляемой классификации – выделение 6 слоев

№	Наименование класса по легенде	Код по легенде	Площадь		
			пиксели	га	%
1	Tree.Needleleaved.Evergreen.Closed	TNEC	1661401	134947,3	47,94
2	Tree.Needleleaved.Evergreen.Open	TNEO	940908	76425,3	27,15
3	Tree.Needleleaved.Evergreen.Open.Wetland	TNEO_W	401984	32651,2	11,60
6	Tree.Mix.Closed	TMC	351860	28579,8	10,15
11	Shrub.Closed_Wetland	SC_W	109222	8871,6	3,15
	Всего		3465375	281475,2	100,00

Таблица 4

Результат неуправляемой классификации одного класса легенды 1 (TNEC)

№	Наименование класса по легенде	Код по легенде	Площадь		
			пиксели	га	%
1	Tree.Needleleaved.Evergreen.Closed	TNEC	3463718	281340,5	29,45
4	Tree.Broadleaved.Deciduous.Closed	TBDC	2604422	211544,2	22,15
6	Tree.Mix.Closed	TMC	2361348	191800,5	20,08
11	Shrub.Closed_Wetland	SC_W	1509428	122603,3	12,93
16	Herbaceous.Cultivated	HC_cultivated	1730587	140566,9	14,72
17	Bare.Land	BL	91070	7397,2	0,77
	Всего		11760573	955252,6	100,00

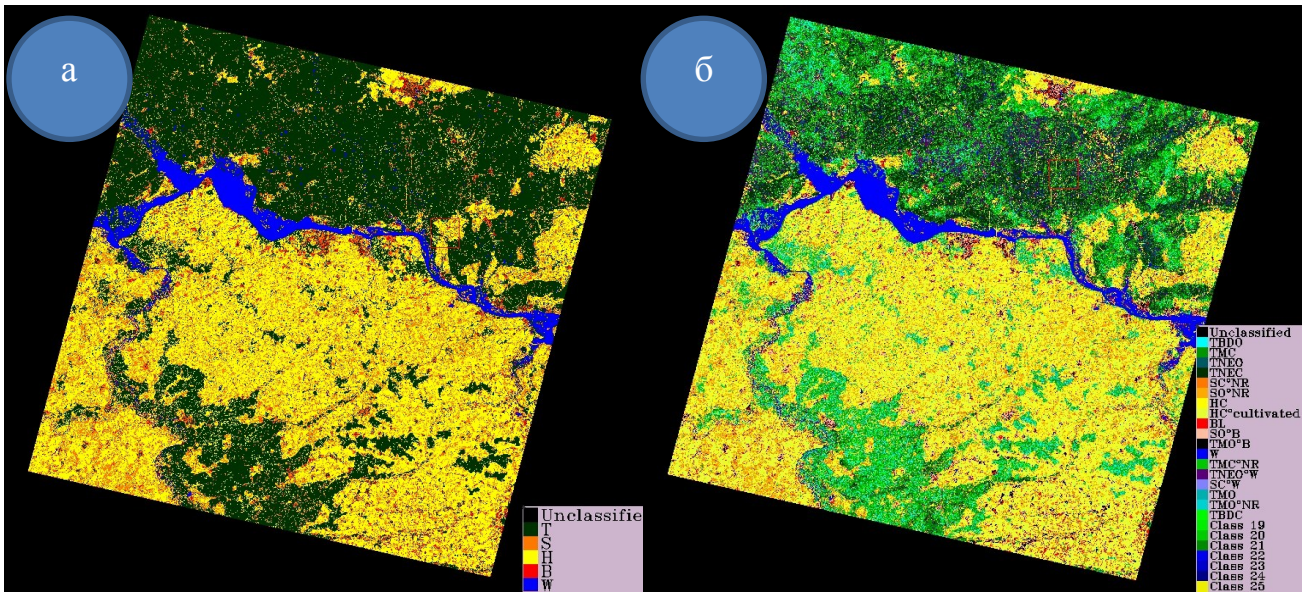


Рис. 6. Тематические карты наземного покрова на снимке Landsat ETM+: а) обобщенная карта на 5 классов, б) детальная карта на 18 классов

Следующим шагом работ является оценка точности проведенной классификации наземного покрова по существующим картам грубого разрешения, планам насаждений лесоустройства и спутниковым данным более высокого разрешения. Для этого будут использованы метод кросс-валидации, матрица различий, коэффициент Каппа и коэффициент общей точности классификации.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838 «Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. *Aksenov, D.* Atlas of Russia's Intact Forest Landscapes / D. Aksenov, D. Dobrynin, M. Dubinin, et al. // Biodiversity Conservation Center, Greenpeace Russia, International Socio-Ecological Union, World Resources Institute, Moscow, Russia. − 2002.

2. *Alrababah, M.A.* Estimating east Mediterranean forest parameters using Landsat ETM / M.A. Alrababah, M.N. Alhamad, A.L. Bataineh, M.M. Bataineh, A.F. Suwaileh // International Journal of Remote Sensing. – 2011. – Vol. 32. – № 6. – P. 1561-1574.

3. *Bartalev, S.A.* New SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia/ S.A. Bartalev, A.S. Belward, D. Ershov, A.S. Isaev // International Journal of Remote Sensing. – 2003. − Vol. 24. − P. 1977-1982.

4. *Bartholome, E.* GLC 2000: A new approach to global land cover mapping from Earth observation data / E. Bartholome, A.S. Belward // International Journal of Remote Sensing. – 2005. − № 26. – P. 1959-1977.

5. *Chand, T.R.K.* Active forest fire monitoring in Uttaranchal State, India using multi-temporal DMSP-OLS and MODIS data / T.R.K. Chand, K.V.S. Badarinath, M.S.R. Murthy, G. Rajshekhar, C.D. Elvidge and B.T. Tuttle // International Journal of Remote Sensing. – 2007. − Vol. 28, № 10. − P. 2123-2132.

6. *Friedl, M.A.* Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results / M.A. Friedl, D.K. McIver, J.C.F. Hodges, X.Y. Zhang, D. Muchoney, A.H. Strahler, C.E. Woodcock, S. Gopal, A. Schneider, A. Cooper, A. Baccini, F. Gao and C.B. Schaaf // Remote Sensing of Environment. – 2002a. − № 83. – P. 287-302.

7. *Hansen, M.C.* Detecting long-term Global forest change using continuous fields of tree-cover maps from 8-km advanced very high resolution radiometer (AVHRR) data for the years 1982-99 / M.C.Hansen, R.S. DeFries // Ecosystems. – 2004. − № 7. – P. 695-716.

8. *Healey, S.P.* Comparison of Tasseled Cap-Based Landsat Data Structures for Use in Forest Disturbance Detection / S.P. Healey, W.B. Cohen, Y. Zhiqiang, O. Krankina // Remote Sensing of Environment. – 2005. − № 97. – P. 301-310.

9. *Julien, Y.* Changes in land surface temperatures and NDVI values over Europe between 1982 and 1999 / Y. Julien, J.A. Sobrino, W. Verhoef // Remote Sensing of Environment. – 2006. − № 103. – P. 43-55.
10. *Jung, M.* Exploiting synergies of global land cover products for carbon cycle modeling / M. Jung, K. Henkel, M. Herold, G. Churkina// Remote Sensing of Environment. – 2006. V.101(4). − P. 534-553.
11. *Kamel, S.* Comparative analysis of IKONOS, SPOT, and ETM+ data for leaf area index estimation in temperate coniferous and deciduous forest stands/ K. Soudani, C. Francois, G. le Maire, V. Le Dantec, E. Dufrene// Remote Sensing of Environment. – 2006. – № 102. – P. 161-175.
12. *Lepers, E.* A synthesis of information on rapid land-cover change for the period 1981-2000 / E. Lepers, E.F. Lambin, A.C. Janetos, R. DeFries, F. Achard, N. Ramankutty, R.J. Scholes // BioScience. – 2005. − № 55 (2). – P. 115-124.
13. *Loveland, T.R.* Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1km AVHRR data / T.R. Loveland, B.C. Reed, J.F. Brown, D.O. Ohlen, Z. Zhu, L. Yang, J.L. Merchant // International journal of remote sensing. – 2000. – № 21. – P. 1303-1330.
14. *Masek J.G.* North American forest disturbance mapped from a decadal Landsat record / J.G. Masek, C. Huang, R. Wolfe, W. Cohen, F. Hall, J.Kutler, P. Nelson. Remote Sensing of Environment. – 2008. – № 112. – P. 2914 – 2926.
15. *Ran, Y.* Evaluation of four remote sensing based land cover products over China / Y. Ran, X. Li; L. Lu // International Journal of Remote Sensing. – 2010. – Vol. 31. – № 2. – P. 391–401.
16. *Zhang, N.* Scaling up ecosystem productivity from patch to landscape: a case study of Changbai Mountain Nature Reserve, China / N. Zhang, Z.Yu, G.Yu, J. Wu // Landscape ecology. – 2007. – № 2. – P. 303-315.
17. *Барталев, С.А.* Использование спутниковых изображений для оценки потерь углерода лесными экосистемами в результате вырубок / С.А. Барталев, Т.С. Ховратович, В.В. Елсаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2009. – № 2. – С. 343-351.
18. *Барталев, С.А.* Разработка информационной системы поддержки мониторинга состояния и динамики наземных экосистем Северной Евразии по данным спутниковых наблюдений / С.А. Барталев, М.А. Бурцев, Е.А. Лупян, А.А. Прошин, И.А. Уваров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2004. – №1. – С. 131-139.
19. *Колесникова, О.Н.* Возможности ПК ENVI для обработки мультиспектральных и гиперспектральных данных/ О.Н. Колесникова, А.С. Черепанов // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 24-27.
20. *Савин, И.Ю.* Спутниковый мониторинг воздействия засухи на растительность (на примере засухи 2010 года в России) / И.Ю. Савин, С.А. Барталев, Е.А. Лупян, В.А. Толпин, М.А. Медведева, Д.Е. Плотникова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8. – С. 150-351.

УДК 630*587.6

ДИНАМИКА СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕСНОГО ПОКРОВА МОЛОДНЯКОВ МАРИЙСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ

С. А. Лежнин, Ю. А. Полевщикова
Марийский государственный технический университет

SPECTRAL CHARACTERISTICS DYNAMICS OF YOUNG FOREST COVER IN MARI VOLGA REGION BY SATELLITE IMAGES

S. A. Lezhnin, Y. A. Polevshikova
Mari State Technical University

В последние годы многие исследователи изучают бывшие сельскохозяйственные земли, зарастающие древесно-кустарниковой растительностью (Boyd, 2002; Краснобаева, Мубаракшина, 2005; Muukkonen, 2007; Морозов, 2008; Курбанов и др., 2010). Особенно важную роль в изучении таких земель играют спутниковые снимки, которые представляют собой независимый источник информации (Jay, 2008; Assyakur et al., 2010). Использование средств дистанционного зондирования позволяет получить информацию о спектральных (индексы вегетации, спектральная яркость) и пространственных (площадь, расположение относительно стены леса) характеристиках участков зарастания.

Целью работы было выявить динамику изменения спектральных характеристик полога молодняков леса, произрастающих на землях запаса и перераспределения Марийского лесного Заволжья по разновременным спутниковым снимкам среднего разрешения.

Методика работ и собранный материал. В ходе полевых работ 2007-2011 гг. было заложено 50 пробных площадей на территории земель запаса и перераспределения нескольких лесничеств РМЭ, которые зарастают древесно-кустарниковой растительностью чистого породного состава (сосняки и березняки). На изучаемых территориях собирался материал о густоте зарастания, площади и запасе биомассы (Лежнин и др., 2010). Координаты каждой пробной площади фиксировались с помощью GPS-приёмника «GARMIN eTrex».

Подготовка снимков. Для выполнения исследования использовались разновременные снимки среднего разрешения, полученные со спутников Landsat. Всего было использовано 9 снимков, сделанных в период с 1985 по 2011 год (1985, 1988, 1991, 1998, 1999, 2001, 2006, 2010, 2011) (рис. 1).

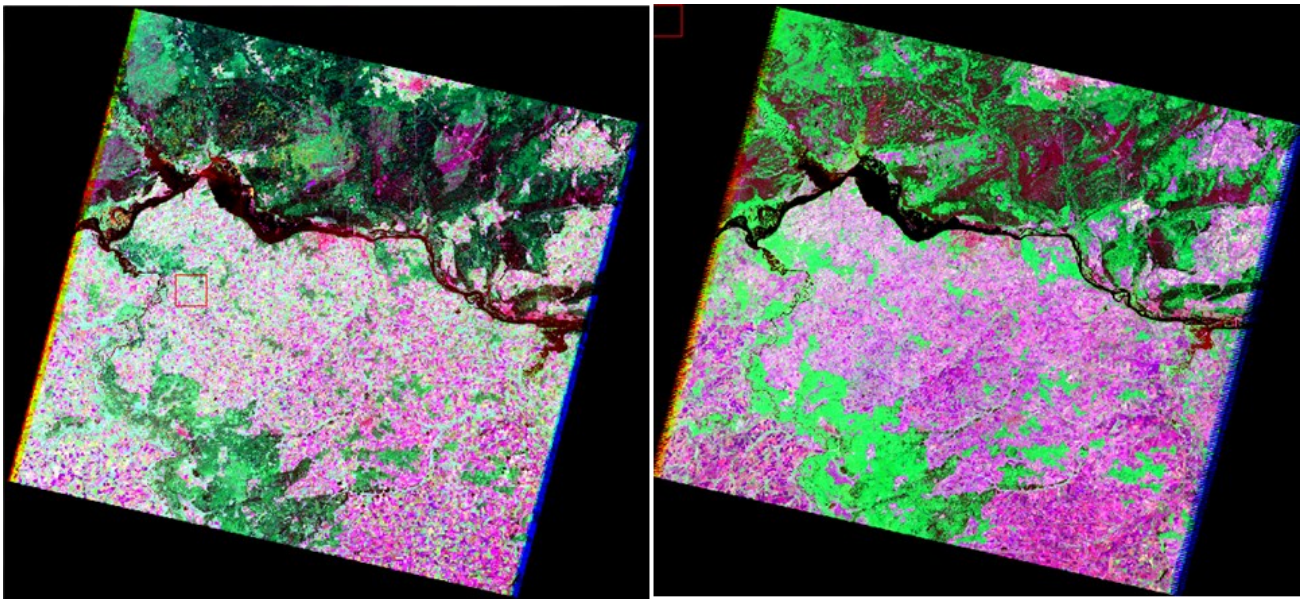


Рис. 1. Примеры синтезированных снимков за 1985 (слева) и 2010 (справа) годы. Синтез 3-4-5 каналов

Все снимки прошли предварительную обработку. Во-первых, все они были скорректированы средствами программного пакета «ENVI 4.8» (пакет FLAASH) на устранение влияния состояния атмосферы на истинные коэффициенты отражения, а соответственно и на спектральные характеристики. Во-вторых, каждый снимок прошёл процедуру спектрального выравнивания. Это необходимо для того, чтобы одни и те же объекты на разных снимках имели одинаковые спектральные характеристики. Спектральное выравнивание снимков проводилось также стандартными средствами ПО «ENVI 4.8». При этом использовалось линейное спектральное выравнивание как наиболее оптимальное при выравнивании разновременных мультиспектральных снимков. Для дальнейшей работы использовались атмосферно скорректированные и спектрально выравненные изображения, синтезированные в трех спектральных каналах (красный, ближний и средний инфракрасный как наиболее информативные при определении растительности), а также изображения, построенные на вычислении индекса вегетации NDVI.

Все пробные площади были привязаны на снимках по координатам GPS и выделены векторными полигонами в ПО «ArcGIS 9.3» (рис. 2).

При этом площадь выделенных полигонов должна была быть не менее 1 га, что обусловлено средним разрешением снимков Landsat (а соответственно и размером каждого пикселя) и необходимо для увеличения точности измерения спектральных характеристик.

Определение спектральных характеристик. С помощью функции «Извлечь по маске» и «Образец» пакета «ArcGIS 9.3» из каждого снимка были вырезаны участки пробных площадей. Далее для каждого пикселя этих участков извлекались спектральная характеристика в 3-х спектральных каналах и значение индекса NDVI (рис. 3). По результатам попиксельной оценки формировались средние спектральные значения участков зарастания в каждом канале с разделением на породы (рис. 4).

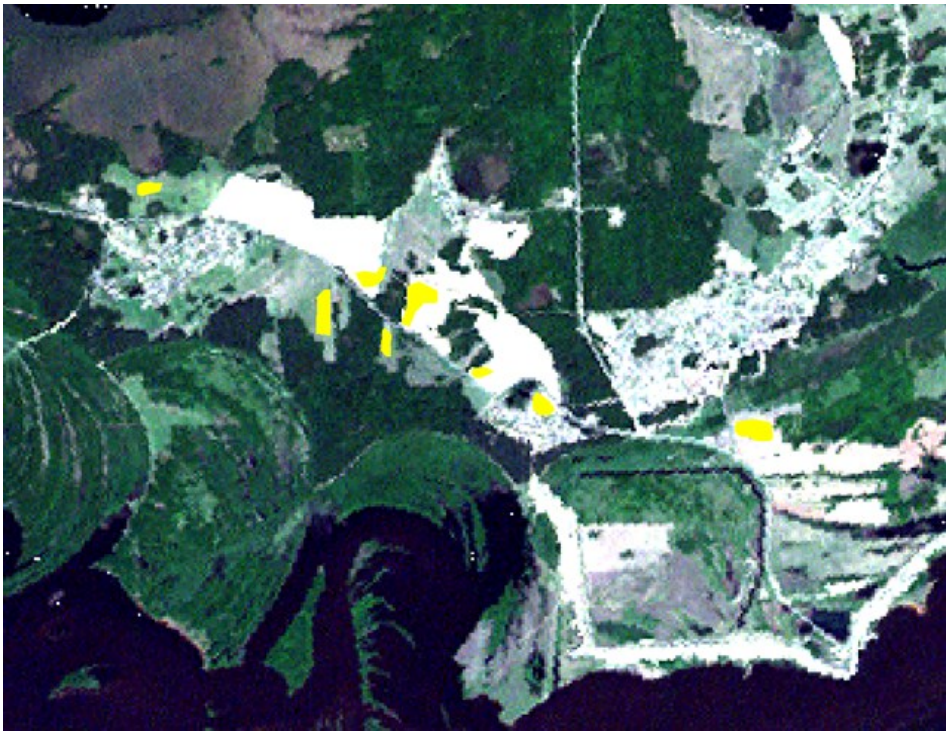


Рис. 2. Пример выделения пробных площадей (желтым цветом) в виде полигонов на снимке Landsat

Атрибуты sample_extract_1

Rowid	EXTRACT_2C1	X	Y	EXTRACT_2C1_1	EXTRACT_2C2	EXTRACT_2C3
1	29	706663,487126	6242197,418009	0	49	58
2	40	706691,987126	6242197,418009	0	40	58
3	40	706720,487126	6242197,418009	0	40	48
4	48	706748,987126	6242197,418009	0	56	77
5	40	706777,487126	6242197,418009	0	49	39
6	40	706805,987126	6242197,418009	0	26	48
7	35	706834,487126	6242197,418009	0	33	20
8	35	706663,487126	6242168,918009	0	49	67
9	40	706691,987126	6242168,918009	0	49	39
10	40	706720,487126	6242168,918009	0	40	29
11	40	706748,987126	6242168,918009	0	49	39
12	35	706777,487126	6242168,918009	0	49	39
13	48	706805,987126	6242168,918009	0	49	39
14	25	706834,487126	6242168,918009	0	33	48
15	48	706862,987126	6242168,918009	0	56	86
16	35	706663,487126	6242140,418009	0	33	48
17	29	706691,987126	6242140,418009	0	40	48
18	44	706720,487126	6242140,418009	0	40	48
19	48	706748,987126	6242140,418009	0	49	48
20	25	706777,487126	6242140,418009	0	56	39
21	48	706805,987126	6242140,418009	0	49	58
22	35	706834,487126	6242140,418009	0	49	39
23	29	706862,987126	6242140,418009	0	33	29
24	44	706663,487126	6242111,918009	0	40	48
25	52	706691,987126	6242111,918009	0	49	48
26	44	706720,487126	6242111,918009	0	40	48
27	40	706748,987126	6242111,918009	0	56	48
28	52	706777,487126	6242111,918009	0	71	58
29	29	706805,987126	6242111,918009	0	40	58
30	40	706834,487126	6242111,918009	0	49	58
31	29	706862,987126	6242111,918009	0	56	48
32	44	706663,487126	6242083,418009	0	49	48
33	44	706691,987126	6242083,418009	0	49	86

Запись: 1 Показать: Все Выбранные записи (0 из 1354 Выбранные) Опции

Рис. 3. Пример таблицы атрибутов вырезанных слоев, в которой приведена попиксельная спектральная характеристика участков зарастания

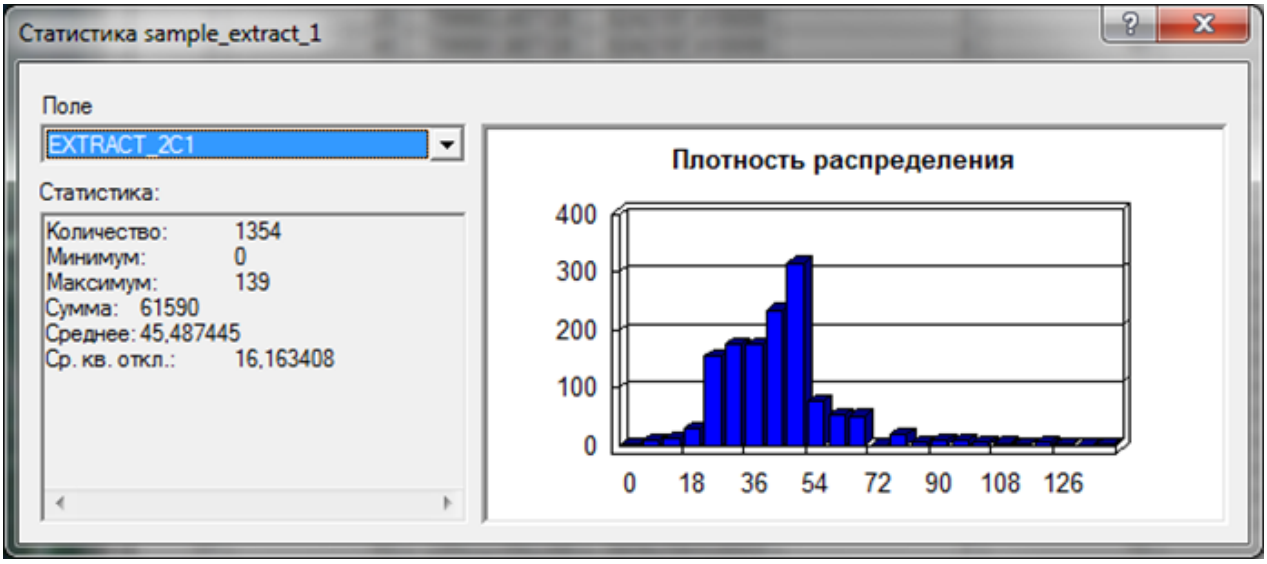


Рис. 4. Извлечение средней спектральной характеристики участков зарастания хвойными породами в 5 канале спутника Landsat

На основе полученных данных строились графики изменения средних спектральных характеристик участков зарастания древесной растительностью земель запаса и перераспределения Марийского Заволжья. Графики разделялись по породам (хвойные или лиственные) и спектральным каналам (рис. 5, 6).

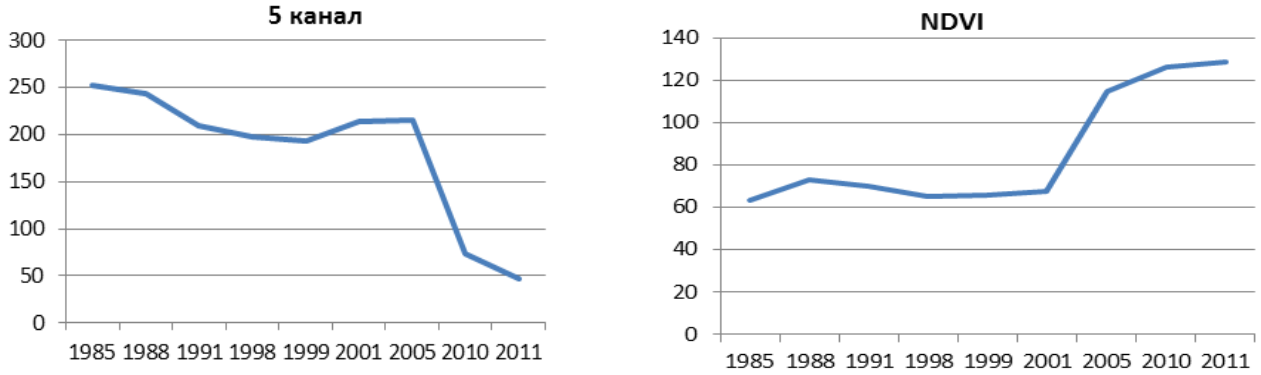


Рис. 5. Динамика характеристик: а) спектральных данных 5 канала; б) значений индекса NDVI хвойных пород

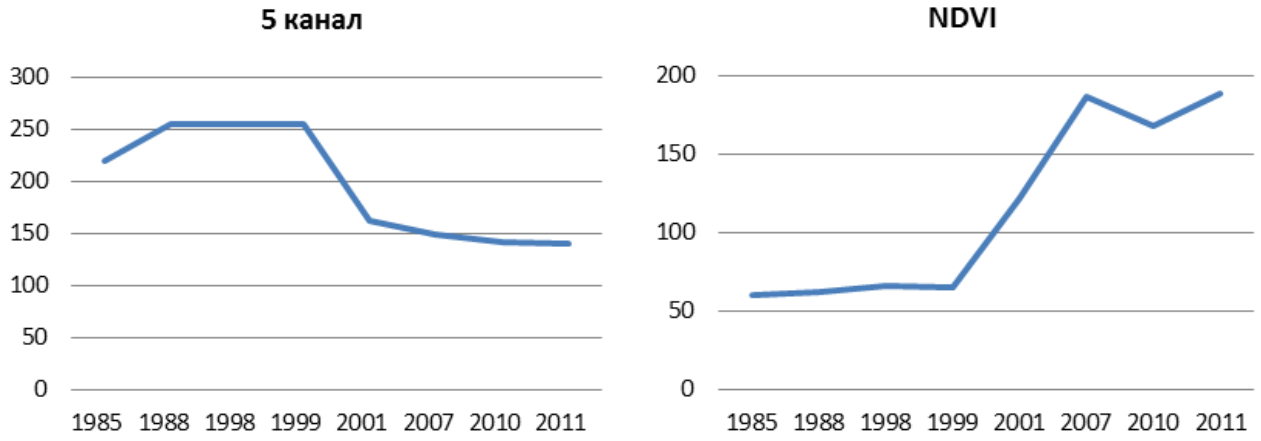


Рис. 6. Динамика характеристик: а) спектральных данных 5 канала; б) значений индекса NDVI лиственных пород

Результаты исследований. Как видно на графике (рис. 5) динамики кривой 5 канала спутника Landsat снижение спектральной характеристики наблюдается в период с 2005 по 2010 год, что свидетельствует о появлении древесной растительности. Тем не менее, это не означает, что зарастание сельскохозяйственных угодий началось в указанный период. Зарастание брошенных земель хвойными медленнорастущими породами происходит не сразу. По нашим наблюдениям, покров хвойных молодняков начинает различаться на снимках Landsat через 4-5 лет после прекращения сельскохозяйственного пользования, а в некоторых случаях и позже. Следовательно, зарастание на пробных площадях началось в период с 2001 по 2005 год. Это также подтверждается ростом кривой динамики индекса вегетации NDVI (см. рис. 5), который является важным индикатором прироста древесной растительности.

Для лиственных пород результат динамики спектральной яркости полога молодых лесных насаждений несколько отличен от хвойных. На кривых спектральной яркости 5 канала и NDVI (см. рис. 6) хорошо видно, что зарастание лиственными породами начинается в период с 1999 по 2001 год. Это на несколько лет раньше, чем наблюдается у хвойных пород. Подобные же результаты получены шведскими учеными (Olsson, 2009).

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838 «Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. *Краснобаева, К.В.* Лесовосстановление на деградированных заброшенных сельскохозяйственных землях / К.В. Краснобаева, А.Р. Мубаракшина // Материалы Всероссийской научной конференции. − Казань, 2005. − С. 127-128.

2. *Курбанов, Э.А.* Распределение фитомассы березы на землях запаса в Республике Марий Эл / Э.А. Курбанов, Л.С. Устюгова, А. Гретчель, Т.Л. Александрова, Р.Р. Валиуллина, Н.С. Смоленцева, Е.В. Новокшонова, И.В. Комарова // Опыт и развитие управления использованием земельных ресурсов: материалы международной научной конференции 1-4 февраля 2010г. − Ташкент: ТИИМ, 2010. − С. 130-135.

3. *Лежнин, С.А.* Оценка фитомассы молодняков березы Заволжской песчаной низменности по спутниковым снимкам / С.А. Лежнин, С.А. Незамаев, Е.В. Новокшонова, И.В. Комарова // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: материалы международной конференции с элементами научной школы для молодежи [Электронный ресурс]. − Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. − С. 168-173. URL: http://csfm.marstu.net/publications.html

4. *Морозов, А.М.* Формирование насаждений на землях, исключенных из сельскохозяйственного оборота, в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов Свердловской области: автореф. дис. … канд. с-х наук: 06.03.03. / А.М. Морозов // Екатеринбург, 2008. − 22 с.

5. *Assyakur, A.R.* Medium Spatial Resolution Satellite Imagery to Estimate Gross Primary Production in an Urban Area / A.R. Assyakur, T. Osawa, I.W. Adnyana // Remote Sensing. − 2010. − № 2. − P. 1496-1507.

6. *Muukkonen P.* Generalized allometric volume and biomass equations for some tree species in Europe / P. Muukkonen // European Journal of Forest Research. − 2007. − № 126. − P. 157-166.

7. *Jay, G.* Detection of changes in land degradation in northeast China from Landsat TM and Aster data. The International Archives of the Photogrammetry / G. Jay // Remote Sensing and Spatial Information Sciences. − Vol. XXXVII. Part B7. Beijing, 2008

8. *Lugo, A.E.* Emerging forests on abandoned land: Puerto Rico's new forests / A.E. Lugo, E. Helmer // Forest Ecology and Management. − 2004. − № 190. − P.145-161.

9. *Olsson, H.* A method for using Landsat time series for monitoring young plantations in boreal forests / H. Olsson // International Journal of Remote Sensing. – 2009. − № 30 (19). – P. 5117-5131.

УДК 630*91 528.88

К ВОПРОСУ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Ю. А. Полевщикова, Р. Р. Валиуллина
Марийский государственный технический университет

TO THE QUESTION OF SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF LAND USE CHANGE BY REMOTE SENSING

J. A. Polevshikova, R. R. Valiullina
Mari State Technical University

В последние годы в землепользовании и лесном хозяйстве активно используются данные дистанционного зондирования. Разновременные спутниковые снимки находят широкое применение при мониторинге изменений, происходящих на поверхности земли в связи с переменой климата и деятельностью человека. Анализ спутниковых снимков позволяет выявлять пространственно-временные изменения на больших площадях, а также проводить их оценку и валидацию.

Целью нашего исследования является изучение состояния вопроса международного опыта в области пространственно-временного анализа лесо- и землепользования по данным дистанционного зондирования.

Важным преимуществом космических средств является оперативность поступления и обработки информации. Мониторинговый режим работы космических средств позволяет получать информацию о природно-экологическом состоянии окружающего региона, что очень важно при решении задач, связанных с экологической обстановкой.

Большую работу в области планирования, управления и мониторинга состояния окружающей среды провели американские ученые [3]. При этом использовались спутниковые снимки Landsat ETM+, для выявления плотности леса применялись нормализованный индекс NDVI и индекс влажности почвы SWI. На основе данных индексов были сформированы тематические карты. Результаты исследований рекомендованы в качестве инструмента для оперативной оценки при облесении территорий.

Для лесов Бразильской Амазонии решена задача дифференциации первичных лесов и определения новых площадей обезлесения [5]. В работе использовались спутниковые снимки Alos. Результаты показали, что данный метод может являться основой для оперативной программы по мониторингу лесов.

При мониторинге за плантациями хвойных молодняков в бореальных лесах северной Швеции были использованы нормализованные разновременные сцены изображений Landsat ETM+[9]. В ходе этих исследований выявлено, что разница между отражательной способностью различных типов лесных насаждений может быть представлена в виде линейной модели регрессии по спектральным значениям. Коэффициенты данной модели могут быть использованы для улучшения характеристик молодого леса, а также в целях улучшения прогнозов развития леса.

В последнее время, наряду с мониторингом, учеными активно обсуждаются темы, связанные с изменением климата, депонированием углерода, урбанизацией, а также зарастанием брошенных сельскохозяйственных угодий.

Спецификой сельскохозяйственного производства является его зависимость от климатических условий, что приводит к значительной изменчивости показателей сельскохозяйственной продукции. С.А. Барталевым и другими российскими учеными [7] разработаны технологии мониторинга ежегодной оценки площадей пахотных земель, их распознавания, оценки рисков и последствий повреждения посевов неблагоприятными явлениями (засуха, весенние заморозки), прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.

В Онтарио провели оценку торфяных болот на возможность депонирования углерода в зависимости от степени последствий изменения климата [2]. Целью исследования стал анализ пространственного распределения растительности и уровня грунтовых вод. В работе использовались спутниковые снимки высокого разрешения QuickBird. Кроме того, был проведен геостатистический анализ данных для изучения пространственной зависимости наземных данных и спектрального отражения. Результаты исследования показали, что с увеличением разрешения изображения сложнее распознать пространственную структуру земли. С другой стороны, чем выше разрешение, тем лучше просматривается те или иные процессы.

Учеными в Европе (Нидерланды, Германия) был разработан метод учета моделей отражения в соседних пикселях, где главную роль сыграл SSC классификатор для пространственного анализа растительного покрова [1]. В основе исследования находится предположение о том, что информация в соседних пикселях часто игнорируется обычными классификаторами. Используемый классификатор сочетает в себе преимущества двух методов классификации, основанных на спектральной информации конкретного пикселя и соседних с ним.

Применение метода ближайшего соседа для разграничения лесных и нелесных классов прослеживается в работах американских ученых [16]. В своих работах они используют метод оценки показателей леса, который стал неотъемлемой частью национальной инвентаризации лесов в Финляндии за последнее десятилетие, а также при его испытании в районе Великих озер в США. По результатам применения этого метода со спутниковыми данными Landsat ETM + можно сказать, что он прост в обращении и полезен при разделении классов на лесные и нелесные объекты.

Другим ученым удалось выявить потенциал гиперспектральных данных дистанционного зондирования при оценке видового разнообразия в однородных и гетерогенных лесах [6]. Исследование представляет собой пример оперативного применения гиперспектральных данных дистанционного зондирования в лесном хозяйстве, особенно при оценке биоразнообразия.

В Египте с постепенным опустыниванием земель усиливается спрос на представление действительной информации об изменении растительного покрова. В связи с этим проводимое исследование было направлено на применение методики тематического картирования после обнаружения изменений и построения моделей изменения растительного покрова [10]. В работе использовались разновременные изображения Landsat ETM + 1984, 1990 и 2003 годов.

Все более широко спутниковые снимки применяются для получения карт с целью повышения оценки точности лесных запасов [11]. Задачей исследования ученых США стало определение степени влияния разрешения спутникового изображения на оценку площади лесных угодий. Работа заключалась в формировании моделей нескольких изображений разного пространственного разрешения в труднодоступные местах лесных районов исследования.

В Израиле засуха является очень частым явлением (1994-1995, 2001-2002 гг.). Поэтому одно из исследований было направлено на выявление и оценку сезонных

и межгодовых изменений лесной растительности по отношению к засухе [12]. В работе использовались спутниковые изображения Landsat TM и ETM +, а также применялся нормализованный индекс растительности NDVI для выявления стрессовых условий. Результаты показали, что существует сходство между фотосинтетической активностью и динамикой NDVI в вегетационный период. Значительное снижение NDVI наблюдалось в 1995-2000 гг. В стрессовых условиях (засуха) стало очевидно, что экологические факторы (тип почвы, топография) не коррелируют с динамикой NDVI.

Отношения между различными процессами во времени и пространстве изучены слабо из-за отсутствия наблюдения за реальными ландшафтами за значительный промежуток времени. Связь пространственно-временных вариаций в разных масштабах была рассмотрена в работе американских ученых [13]. Их исследование посвящено пространственно-временному анализу разновременных изображений Landsat ETM + в пределах территории северной Флориды. Изменения рассчитывались на основе использования нормализованного вегетационного индекса NDVI в области, охватываемой одной сценой Landsat.

Другое исследование в данной области было направлено на пространственно-временной анализ данных дистанционного зондирования в течение последних нескольких лет с использованием объектно-ориентированной полуавтоматической классификации [4]. В работе использовались спутниковые снимки SPOT-5 и IKONOS. Была проведена классификация смешанных лесов на основе спутниковых данных IKONOS. Лесной массив был разбит по возрастной структуре на основе цифровой модели рельефа. Разработанный алгоритм может быть применен к любым видам смешанных лесов по спутниковым снимкам высокого и очень высокого разрешения.

Ряд исследований в этой области проводится в Северной Австралии. Так, например, работа ученых над составлением карт будущего привела к созданию пространственных моделей изменения ландшафта за десять лет [14]. Данные модели хорошо показывают изменение растительного покрова. В частности, были разработаны модели, которые ярко демонстрируют определенную долю факторов, контролирующих показатели и пространственное расширение лесной формы. Важнейшим компонентом при их разработке являлась проверка действительности и достоверности сведений.

Российские ученые [8] также занимались решением этих вопросов. В своем исследовании они рассматривали теоретические и практические стороны моделирования пространственно-временной динамики лесных ресурсов с использованием ГИС технологий на основе математического моделирования и системы автоматизации логических рассуждений. В их работе приведены результаты компьютерного моделирования и прогнозного картографирования для субрегиональной модели динамики лесных ресурсов.

Выводы. Для получения и изучения информации лесопокрытых территорий ученые используют методы дистанционного зондирования. Они дают возможность специалистам, занимающимся лесным хозяйством, легко использовать имеющиеся источники картографической информации для повышения качества принимаемых решений. Результаты исследований зарубежных и российских ученых в области пространственно-временного анализа лесо- и землепользования демонстрируют несомненную полезность спутниковых данных при анализе динамики ландшафта с течением времени. Они имеют большое значение для создания эффективной и устойчивой политики в отношении рационального природопользования и устойчивого управления лесами.

Проведенный анализ литературы позволит улучшить качество наших работ по пространственно-временному анализу лесо- и землепользования на территории Марийского Заволжья в ретроспективной оценке данных спутниковых снимков среднего и высокого разрешений. Созданные тематические карты, прогнозы развития ситуации в динамике лесного фонда с учетом социально-экономических факторов будут полезны для развития данного региона.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838 «Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. *Jong, S.* An integrated spatial and spectral approach to the classification of Mediterranean land cover types / Steven M de Jong, Tom Hornstra, Hans-Gerd Maas // The SSC method. JAG. − 2001. − Vol. 3, Issue 2.

2. *Poon, D.M.I.* Spatial structure of vegetation at the mer bleue peat bog / D.M.I. Poon // Ontario, 2007.

3. *Bhagata, V.S.* Use of Landsat ETM+ data for detection of potential areas for afforestation / V.S. Bhagata // International Journal of Remote Sensing. − April, 2011. − Vol. 30., № 10. − P. 2607-2617.

4. *Eisfeldera, C.* BockaTowards automated forest-type mapping − a service within GSE Forest Monitoring based on SPOT-5 and IKONOS data / C. Eisfeldera, T. Krausa // International Journal of Remote Sensing. − April, 2011. − Vol. 30., № 19. − P. 5015-5038.

5. Using dual-polarized ALOS PALSAR data for detecting new fronts of deforestation in the Brazilian Amazônia. / R. Almeida-Filhoa, Y. E. Shimabukuroa; A.Rosenqvistb, G. A. Sáncheza // International Journal of Remote Sensing. − April, 2011. − Vol. 30., № 14. − P. 3735-3743.

6. *Azadeh, G.* A review on hyperspectral remote sensing for homogeneous and heterogeneous forest biodiversity assessment / Azadeh Ghiyamata, Helmi Z. M. Shafria // International Journal of Remote Sensing. − April, 2011. − Vol. 31., № 7. − P. 1837-1856.

7. *Лупян, Е.А.* «Дни космической науки 2010» − дистанционное зондирование Земли / Е.А. Лупян, О.Ю. Лаврова, С.А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. − 2010. − Т. 7, № 4.

8. *Владимиров, И.Н.* Моделирование пространственно-временной динамики лесных ресурсов с использованием интеллектной ГИС / И.Н.Владимиров, А.К.Попова // География и природные ресурсы. − 2009. − №1. − С. 26-29.

9. *Olsson, H.* A method for using Landsat time series for monitoring young plantations in boreal forests / H. Olsson // International Journal of Remote Sensing. − April, 2011. − Vol. 30., № 19. − P. 5117-5131.

10. *Abdulaziz, M.* Application of multitemporal Landsat data to monitor land cover changes in the Eastern Nile Delta region, Egypt / Abdulaziz M. Abdulaziza, José M. Hurtado, J.a; Raed Al-Douri // International Journal of Remote Sensing. − June, 2009. − Vol. 30., № 11. − P. 2977-2996.

11. *Nelson, M.D.* Effects of satellite image spatial aggregation and resolution on estimates of forest land area / M. D. Nelson, R. E. McRoberts, G. R. Holden, M. E. Bauer // International Journal of Remote Sensing. − April, 2011. − Vol. 30., № 8. − P. 1913-1940.

12. *Volcani, A.* The use of remote sensing and GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semi-arid forest with respect to drought years / A. Volcani, A. Karnieli, T. Svoray // Forest Ecology and Management. − 2005. − №215. − P. 239–250.

13. *Southworth, J.* Linking Spatial and Temporal Variation at Multiple Scales in a Heterogeneous Landscape / Jane Southworth, Graeme S. Cumming, Matt Marsik, W.Michael // Binford. − Nov., 2006. − Vol. 58, № 4.

14. *Brook, B. W.* Mapping the Future: Spatial Models of Decadal-Scale Landscape Change in Northern Australia / B. W.Brook, D.M.J.S. Bowman, C.J.A. Bradshaw // International Journal of Remote Sensing, − June, 2009. − Vol. 30, № 11. − P. 1361-1367.

15. High spatial resolution satellite observations for validation of MODIS land products: IKONOS observations acquired under the NASA Scientific / Jeffrey T. Morisette, Jaime E. Nickeson, Paul Davis, Yujie Wang, Yuhong Tian, Curtis E. Woodcock, Nikolay Shabano, Matthew Hansen, Warren B. Cohen, Doug R. Oetter, Robert E. Kennedy // Remote Sensing of Environment. − 2003. − №80. − P. 100-110.

16. Delineation of forest/nonforest land use classes using nearest neighbor methods / Reija Haapanen, Alan R. Ek, Marvin E. Bauer, Andrew O. Finley // Remote Sensing of Environment. − 2004. − № 89. − P. 265–271.
17. *Holmstrom, L.* Modeling and Data Analysis Methods for Satellite Based Forest Inventory (MODAFOR) / Lasse Holmstrom, Martti Hallikainen, Erkki Tomppo // Final Report. − December, 2003. − № 19.

УДК 630*23:620.95(470.343)

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Т. Л. Александрова, Л. С. Устюгова
Марийский государственный технический университет

BIOENERGY POTENTIAL OF ABANDONT AGRICALTURAL LANDS OF MARI EL REPUBLIC

T. L. Alexandrova, L. S. Ustugova
Mari State Technical University

Сегодня мировое сообщество все больше внимания уделяет проблемам рационального и эффективного использования энергоресурсов, внедрения технологий энергосбережения и поиска возобновляемых источников энергии. С одной стороны, это обусловлено ограниченностью традиционных ископаемых источников энергии и, следовательно, ростом тарифов на них. С другой стороны, жизнедеятельность человека оказывает все большее воздействие на окружающую среду. Принято считать, что основной экологический ущерб, связанный с изменением климата, наносят добыча, переработка и сжигание ископаемых видов топлива. Поэтому необходимость обеспечения экологической безопасности наряду с задачей удовлетворения потребностей мирового населения в топливе обуславливают необходимость развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Особое место среди ВИЭ занимает топливо из древесной биомассы.

В современном мире биомасса является основным источником энергии для большинства жителей сельских районов «третьего мира» и представляет собой единственно доступный источник энергии (в основном за счет этого доля дров в общемировом потреблении древесины составляет около 49%) [1]. Биомасса как источник энергии обладает рядом преимуществ, среди которых выделяют распространенность и доступность, независимость от времени года, снижение антропогенной нагрузки на климат. Поэтому с каждым годом биомасса занимает все более важное место и в энергетике развитых стран. В целом на ее долю приходится 10,7% общего потребления энергии и 80% энергии, вырабатываемой ВИЭ [2], а по количеству полученной энергии она занимает наряду с природным газом третье место.

Однако в погоне за биоэнергетическими ресурсами все острее становится земельный вопрос. Вырубка лесов для выращивания энергетических культур может привести к утечке накопленного углерода, тогда как замена сельскохозяйственных культур энергетическими грозит усугублением проблемы голода. Идеальным решением проблемы нехватки земельных ресурсов для производства биотоплива может стать использование бывших сельскохозяйственных и деградированных земель. По оценкам Campbell и др. [3], площадь таких земель в мире составляет 385-472 млн га с средней производительностью 4,3т га$^{-1}$г$^{-1}$. Зарастание древесно-кустарниковой растительностью неиспользуемых сельскохозяйственных земель характерно и для Республики Марий Эл. В последние десятилетия в силу причин экономического

В оглавление

характера перестали обрабатываться и начали зарастать большие площади сельскохозяйственных угодий. Такие земли можно использовать для производства биотоплива.

Цель данного исследования − оценка энергетического потенциала бывших сельскохозяйственных земель Республики Марий Эл для производства биотоплива. Объектом исследования являются заросшие древесно-кустарниковой растительностью сельскохозяйственные угодья Республики Марий Эл.

Методика исследования. Для оценки фитомассы в местах зарастания земель молодняками от близлежащей стены леса закладывали пробные площади [4]. На данных пробах проводили перечет древесных растений по ступеням толщины и категориям крупности. Для удобства работы перечет проводился по секторам 10×10 м, разбитым на 5-метровые подсектора. При определении фитомассы насаждений из-за трудоемкости процедур фракционирования, взвешивания фитомассы и исключения из нее воды использовали выборочный метод, при котором взвешиваются и фракционируются не все деревья на пробной площади, а лишь определенная их часть. Модельные деревья выбирали пропорционально распределению молодых древесных растений по группам высот.

Использование ДЗЗ и ГИСов в исследовании позволяет решать широкий круг задач, связанных с оценкой и прогнозированием ресурсов биотоплива, а также разрабатывать планы по их использованию. На сегодняшний день есть два основных направления использования спутниковой информации применительно к ресурсам биотоплива. Во-первых, определение состояния (типа растительности и количества фитомассы) растительности на текущий момент на данной территории. Второе важное направление − исследование потенциала выращивания ресурсов и производства биотоплива. В исследовании идентификация состояния растительности с использованием космических снимков основывается на различиях отражательной способности разных поверхностей. В настоящее время известно около 160 вариантов вегетационных индексов, среди них наиболее часто используемым является NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который для растительности принимает положительные значения, и чем больше зеленая фитомасса, тем он выше. Данный индекс наиболее чувствителен к изменению растительности, а потому широко используется при оценке фитомассы [5]. Площади зарастания неиспользуемых сельскохозяйственных земель древесно-кустарниковой растительностью находили по спутниковым снимкам среднего разрешения

Рис. 1. Пробная площадь

Landsat. В результате обработки снимков в ПО ENVI и ArcGIS и применения метода неуправляемой классификации получили тематические карты распределения фитомассы.

Результаты исследования. Очевидно, что бывшие сельскохозяйственные земли зарастают в первую очередь пионерными породами − сосной, березой, осиной и ивой (рис. 1). Молодые насаждения этих пород к первому классу возраста в среднем могут накапливать до 7,1 т абсолютно сухой биомассы на га [6].

Эту биомассу можно использовать для производства такого возобновляемого топлива из древесины, как пеллеты (топливные гранулы).

Пеллеты представляют собой высушенную прессованную под большим давлением древесину без каких-либо связующих добавок и измельченную древесину цилиндрической формы, в виде гранул диаметром 6-8 мм и длиной 8-10 мм. Этот вид топлива приобрёл широкое распространение в странах Европы и Северной Америки и постепенно начинает применяться в Российской Федерации. Одним из основных преимуществ пеллет является то, что при сгорании древесных гранул выделяется минимальное, по сравнению с другими видами топлива, количество оксидов азота и серы. Все большему росту объемов потребления пеллет способствует политика поддержки использования биотоплива государствами Европейского Союза. Это выражается в выделении субсидий, грантов, создании благоприятной для производителей и потребителей биотоплива системы налогообложения, а также строительстве крупных тепло- и электростанций на биотопливе. В настоящее время производимые в России пеллеты экспортируются в другие страны (преимущественно в Европу). Однако в ближайшее время будет формироваться внутренний рынок потребления производимого топлива. Этому способствует федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

Однако древесной растительностью зарастают лишь небольшие по площади участки бывших сельскохозяйственных земель, большие же поля зарастают лишь в полосе, прилегающей к материнской стене леса. Площади, на которых зарастание не произошло, могут использоваться под плантации по выращиванию древесины для биотоплива. В этом смысле очень показателен и интересен опыт зарубежных стран, которые практикуют для этих целей специально выведенные быстрорастущие породы тополей и ив [7]. Одной из ведущих стран в производстве биотоплива из древесины является Германия, где с 70-80-х годов прошлого столетия выращивают быстрорастущие деревья на плантациях с коротким заготовительным циклом для энергии. Сегодня на таких плантациях выращивают специально выведенные клоны тополей, ив, акации, с периодом ротации в 3-5 лет и общим выходом биомассы 20-50 т/га$^{-1}$ [8].

Во время исследования только на территории Заволжской песчаной низменности, которая в административном отношении включает Килемарский, Юринский, Медведевский, Горномарийский, Звениговский, Волжский, часть Моркинского и Советского районов, было заложено 80 пробных площадей.

Результаты исследований с использованием спутниковых снимков подтвердили наличие обширных площадей зарастания и активного накопления биомассы на них (рис.2). По данным изученных спутниковых снимков в районе исследования было выявлено 112,151 тыс. га заросших древесно-кустарниковой растительностью сельскохозяйственных угодий, на которых произрастает 796,272 тыс. т абсолютно сухой биомассы. Этого ресурса сырья будет достаточно для производства промышленных пеллет в объеме 400 тыс. т. При средней рыночной цене в 100 € за тонну экспортируемых пеллет выручка составит 4 млн €.

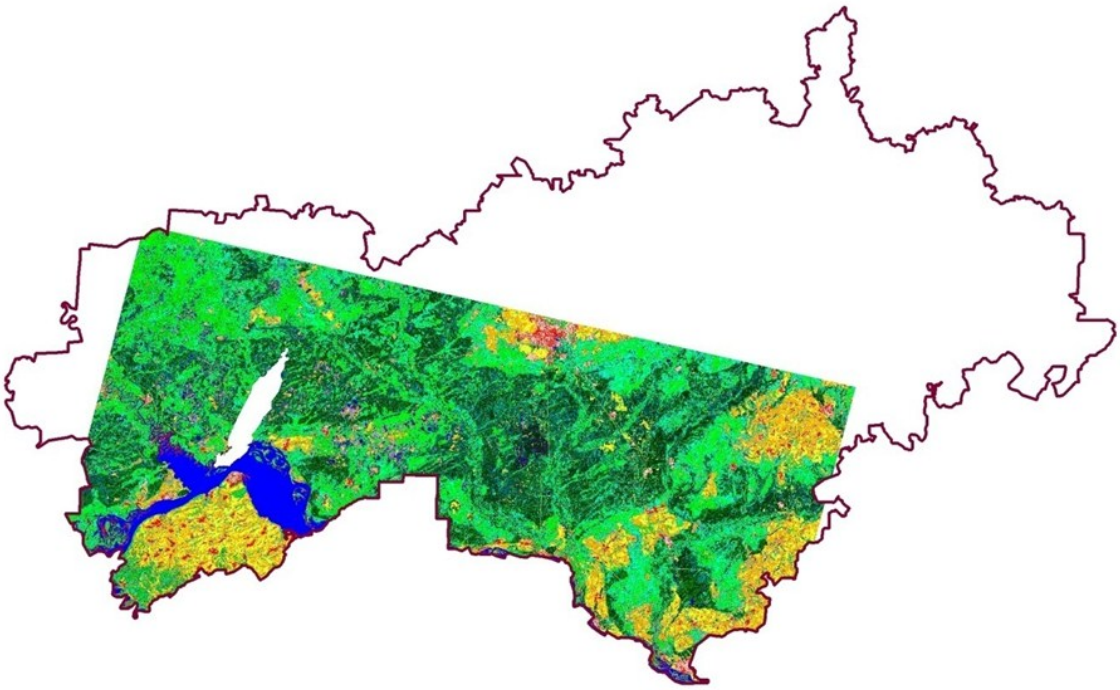


Рис.2. Карта-схема распределения зарастающих сельскохозяйственных земель Заволжской песчаной низменности (на карте отмечены желтым цветом)

Таким образом, неиспользуемые в настоящее время сельскохозяйственные угодья Республики Марий Эл активно зарастают древесной растительностью и имеют важное значение для развития биотопливной отрасли. В частности, биотопливо можно использовать для получения электроэнергии или тепла на отдельных предприятиях или даже в ЖКХ. Произведенное древесное топливо в большинстве будет экспортироваться в Европу, где спрос на пеллеты растет с каждым годом. Использование биотоплива из древесины позволит также значительно сократить выбросы CO_2 в атмосферу, повысит доходность ведения лесного и сельского хозяйства. Сегодня биотопливу отводится одна из главных ролей в стратегиях по защите окружающей среды. Также ожидается, что развитие биоэнергетики принесет дополнительную пользу в виде новых рабочих мест в сельской местности, развитие региональной инфраструктуры и др.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838 «Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. Food and agricultural organization of the United Nations. State of the world's forest. – Rome: FAO forest series. 2011. – 165p.
2. *Кольниченко, Г.И.* Биомасса и биотопливо в энергетическом обеспечении отраслей экономики страны / Г.И. Кольниченко, А.В. Сиротов, В.И. Панферов, Я.В. Тарлаков // Лесной вестник. – 2010. − № 4. − С 136-139.
3. *Campbell, J.E.* The global potential of bioenergy on Abandoned agricultural lands / J.E. Campbell, D.V. Lobell, R.C. Genova, C.B. Field // Environmental science & technology. – 2008. − № 42(15). – P. 5791-5794.

4. *Курбанов, Э.А.* Распределение фитомассы березы на землях запаса в Республике Марий Эл / Э.А. Курбанов, Л.С. Устюгова, А. Гретчель, Т.Л. Александрова, Р.Р. Валиуллина, Н.С. Смоленцева, Е.В. Новокшонова, И.В. Комарова // Опыт и развитие управления использованием земельных ресурсов: материалы международной научной конференции 1-4 февраля 2010 г. – Т., ТИИМ, 2010. – С. 130-135.

5. *Chen, J.* Estimating aboveground biomass of grassland having a high canopy cover: an exploratory analysis of in situ hyperspectral data / J. Chen, S. Gu, M. Shen, Y. Tang, B. Matsushita // International Journal of Remote Sensing. – 2009. − Vol. 30, No. 24. − P.6497–6517.

6. *Лежнин, С.А.* Оценка фитомассы молодняков березы Заволжской песчаной низменности по спутниковым снимкам / С.А. Лежнин, С.А. Незамаев, Е.В. Новокшонова, И.В. Комарова // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: материалы международной конференции с элементами научной школы для молодёжи [Электронный ресурс]. − Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. − 275 с. − URL: http://csfm.marstu.net/publications.html 15.08.2011.

7. *Hinchee, M.* Short-rotation woody crops for bioenergy and biofuels applications / M. Hinchee, W. Rottmann, L. Mullinax, Ch. Zhang, S. Chang, M. Cunninghamm, L. Pearson, N. Nahra // In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. − 2009. − № 45. – P. 619-629.

8. *Grosse, W.* The Importance of Short Rotation Plantations in Germany − Relevance to Climate Change and Competitivenesson the Market [Электронный ресурс] / W. Grosse // Материалы международного семинара. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2009. − Режим доступа: http://tempus.marstu.net/presentations/last/werner.pdf 14.08.2011.

УДК 630*587.6

ОЦЕНКА СУКЦЕССИИ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЗЕМЛЯХ ЗАПАСА МАРИЙСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ

Е. В. Новокшонова, С. А. Незамаев
Марийский государственный технический университет

ESTIMATION OF FOREST SUCCESSION ON ABANDONED LANDS OF MARI ZAVOLGIE BY SATELLITE IMAGES

E. V. Novokshonova, S. A. Nezamaev
Mari State Technical University

Использование космических снимков в хозяйственных и исследовательских целях в настоящее время приобретает всё большее значение. Одним из главных преимуществ их применения является то, что данные с космических аппаратов не зависят от использованных статистических данных и каких-либо субъективных оценок, а отражают реальную ситуацию. Результаты обработки аэрокосмических снимков в ГИС позволяют решать целый спектр задач. В рамках нашей научно-исследовательской работы на основе космических снимков изучается процесс сукцессии на землях запаса и перераспределения (бывшие сельскохозяйственные земли) на территории Марийского Заволжья.

Актуальность решения обозначенной задачи в условиях Республики Марий Эл обусловлена наличием больших площадей, вышедших из сельскохозяйственного пользования в кризисные 90-е годы. По данным Марийского статистического агентства, только в Республике Марий Эл общая посевная площадь сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий с 2000 по 2010 гг. снизилась на 40 % (табл. 1).

Согласно официальной статистике, общая площадь земель сельскохозяйственного назначения, которая потенциально будет захвачена лесной растительностью в РМЭ при существующем сценарии развития экономики, может достичь 200 и более тысяч га, что составляет до 25% от всех земель этого назначения (Курбанов и др., 2010).

Таблица 1

Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий, тыс. га

Год	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Вся посевная площадь	492,2	472,2	474,7	424,2	411,1	400,8	384,7	365,8	363,2	331,9	299,5

Что касается права использования зарастающих сельскохозяйственных угодий, то новый Лесной кодекс, принятый в 2006 году, не регламентирует управление «сельскими» лесами, ведение в них какой-либо лесохозяйственной деятельности и выделение на них средств из федерального бюджета. Иными словами, значительная часть подрастающего леса остается без ухода.

Чтобы вновь использовать сельскохозяйственные земли по назначению, требуется существенное финансирование. Значительные площади зарастающих древесно-кустарниковой растительностью земель были выведены из использования в связи с нерентабельностью выращивания сельскохозяйственной продукции на бедных почвах. Поэтому требуется другой альтернативный и экономически эффективный способ использования залежей. В частности, это может быть, использование молодых насаждений для депонирования атмосферного углерода, что позволит выполнять обязательства по Киотскому протоколу, обеспечить получение биотоплива, являющегося перспективным энергетическим материалом в современном мире. Кроме того, за счет зарастающих земель можно значительно увеличить лесной фонд республики.

Цель работы – разработать методику по оценке разновременных данных космической съемки на основе автоматической обработки растровых и векторных карт для оценки процесса сукцессии древесно-кустарниковой растительности (ДКР) на землях запаса и перераспределения.

Объектами исследования являются площади естественного зарастания ДКР в Килемарском и Юринском районах Республики Марий Эл.

Методика работы состоит из двух этапов: полевые и камеральные исследования. Сбор полевого материала проводился посредством закладки пробных площадей в типичных условиях зарастания с целью определения фитомассы ДКР (рис. 1).

Рис. 1. Типичный участок закладки пробных площадей

В свою очередь, камеральные исследования включают этапы предварительной, тематической и постобработки спутниковых данных (рис. 2).

Камеральные исследования заключаются в работе со спутниковыми снимками Landsat ETM+ (2001 г.) и Landsat ETM+ (2010 г.) в программных пакетах «ENVI-4.8» и «ArcGIS-9.3».

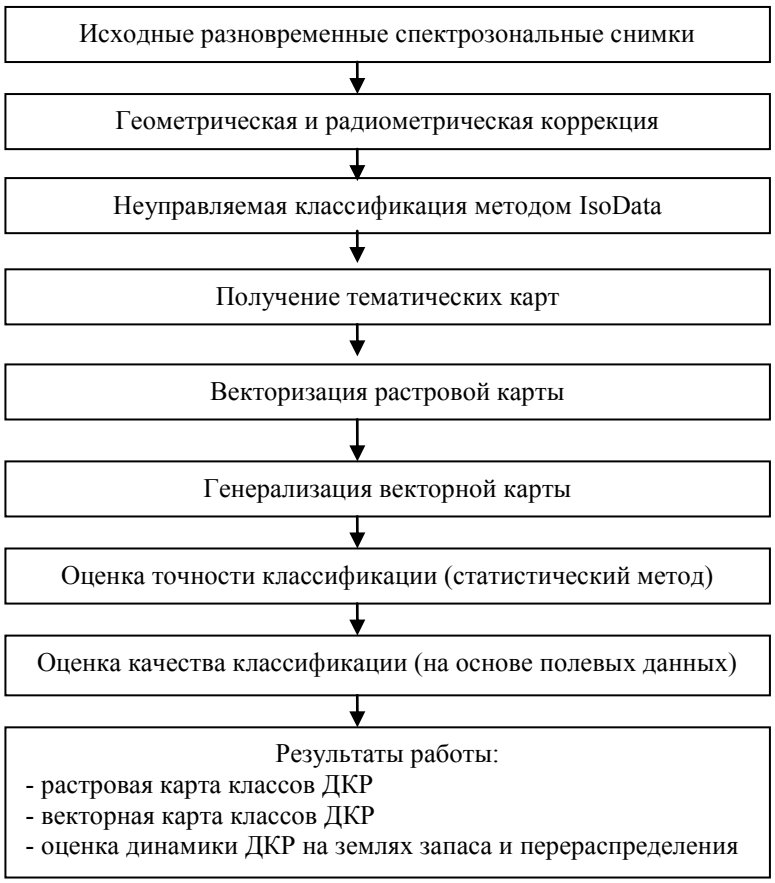


Рис. 2. Этапы камеральных работ

При классификации цифровых данных сканирования применяются два основных принципиально отличающихся подхода − управляемая *(supervised)* и неуправляемая *(unsupervised)* классификации. В исследовательской работе на бакалавриате для построения тематической карты нами применялась управляемая классификация (Supervised Classification) способом максимального правдоподобия (Maximum Likelihood Classification) (Сухих, 2005). Этот подход представляет собой экстраполяцию спектральных характеристик (сигнатур) предварительно исследованных наземных ключевых участков на всю территорию, охваченную сканерным снимком. Далее проводилась оценка точности классификации на основе расчета коэффициентов матрицы различий (Confusion Matrix) и коэффициента Каппа (Kappa Index) (Verbula, 2000). В ходе исследования общая точность полученной тематической карты составила 86,59 %, а коэффициент Каппа 0,85, что говорит о высоком соответствии проведенной классификации полевым (эталонным) данным. Зарастание составило приблизительно 30% от возможной площади бывших сельскохозяйственных угодий со средним запасом фитомассы березы 9,7 т га$^{-1}$и сосны 12,4 т га$^{-1}$.

В диссертации для создания тематической карты мы применяем неуправляемую классификацию (Unsupervised Classification), способ ISODATA. При этом подходе классификацию проводят без учета наземных данных, исходя из внутренних закономерностей организации многомерной матрицы снимка, то есть сначала осуществляется классификация снимка, а за-

тем при проведении полевых исследований предпринимаются попытки выяснить, что же в действительности соответствует выделенным категориям. Такой подход менее трудоемок и предпочтителен при первичном изучении территории, для выделения однородных по каким-то априори неизвестным характеристикам участков и планирования дальнейших исследований. В дальнейшем полученная на основе рассмотренного подхода карта также пройдет проверку на точность, по результатам которой уже можно будет судить о целесообразности использования этой классификации.

Векторизация полученной карты проводилась трансформацией растрового изображения тематической карты в векторный слой в виде шейп файла в программе ENVI-4.8. В растровой форме изначально содержатся исходные и обработанные данные дистанционного зондирования (аэро- и космические снимки). Растровый формат, как правило, дает обзорную информацию о территории в целом. Любое подобное изображение может быть без искажений записано в векторной форме (рис. 3).

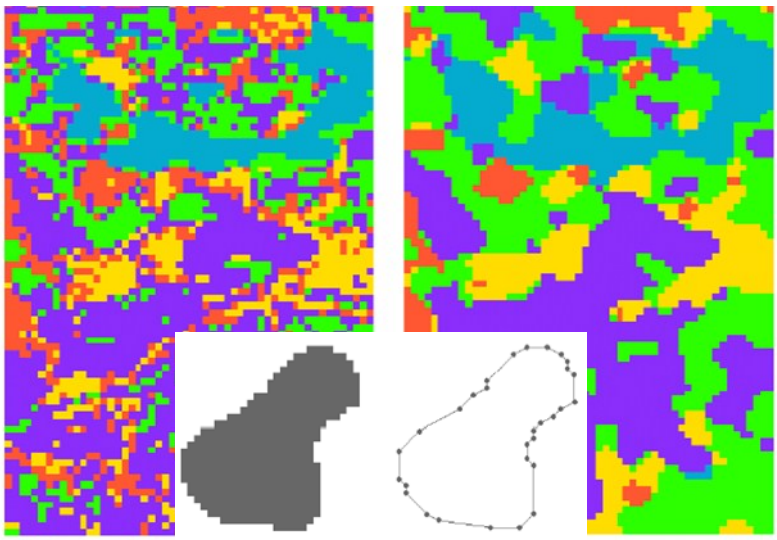


Рис. 3. Исследуемый космический снимок: классифицированный (слева), после обработки (справа)

Обработка векторных слоев заключается в генерализации, которая состоит в исключении мелких объектов карты, упрощения их контуров или группировки в более крупные объекты. При создании тематической карты неуправляемой классификацией генерализация проводилась в автоматическом режиме Vector − Raster to Vector.

Полученная с помощью неуправляемой классификации векторная карта в настоящее время проходит стадию проверки на точность, в рамках которой проводятся полевые исследования с целью выявления соответствия выделенных классов реальной действительности.

Сукцессия на заброшенных сельскохозяйственных землях в процессе обеих классификаций проводилась для молодых сосновых и березовых насаждений возрастом более 5 лет и с полнотой более 0,5 ДКР оценивалась по породному составу, возрасту, высоте, густоте, полноте, площади зарастания, пространственному распределению, запасу фитомассы и количеству депонированного углерода. В первую очередь, для выделения преимущественно растительных категорий более целесообразно использовать инфракрасные каналы, так как именно в этих участках спектра более всего проявляются различия между типами растительного покрова (рис. 4).

Качественно оценить состояние растительного покрова и выявить изменения растительности позволяют карты вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index),

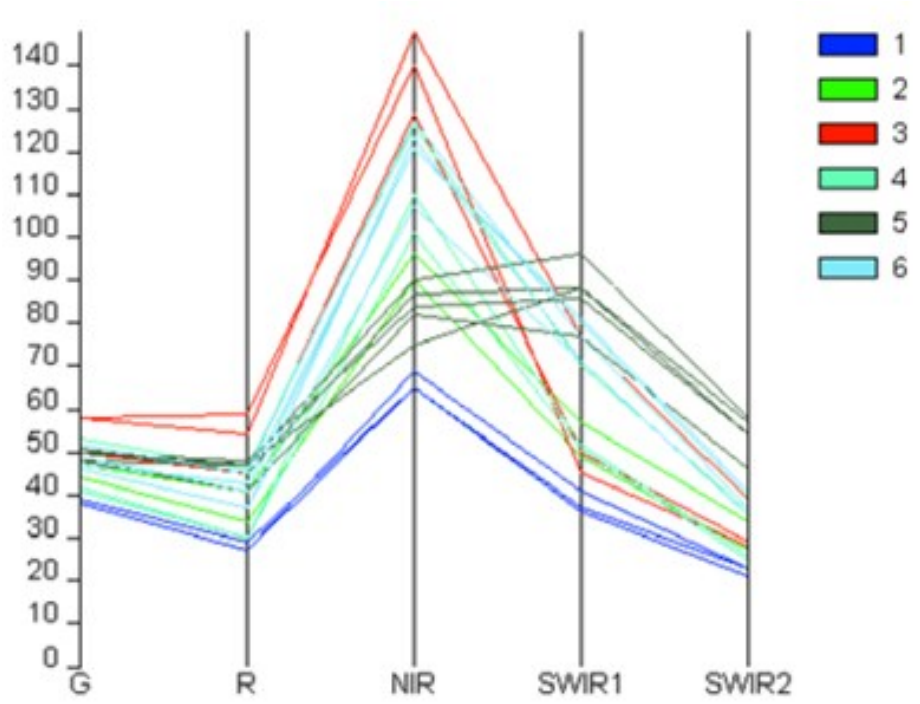


Рис. 4. Сигнатуры различных категорий растительного покрова (1-6) на снимке Landsat 7

созданные на базе разновременных снимков Landsat (2001 и 2010 гг.) в программной среде ENVI-4.7 функцией Band Math. Вегетационный индекс NDVI представляет собой простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. С помощью NDVI можно распознавать породный состав ДКР, определять возраст и густоту растительности за счет того, что индекс базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. После проверки полученной тематической карты на соответствие действительности следующим этапом будет расчет индексов NDVI для хвойной и лиственной растительности по представленной выше методике.

По результатам всей работы сформируются тематические карты и карты вегетационного индекса NDVI, на основании которых будет дана оценка процессу сукцессии на землях запаса Марийского Заволжья.

Применение методов картографирования лесных и нелесных территорий, основанных на обработке космических изображений, значительно уменьшает трудоемкость наземных обследований зарастающих древесно-кустарниковой растительностью земель запаса и увеличивает степень объективности распознавания некоторых характеристик растительного покрова за счет спектральных данных каждого объекта. Полученные результаты исследования полезны при принятии управленческих решений, а следовательно будут рекомендованы для использования лесничествам и лесоустройству. Более того, эти данные помогут повысить достоверность учета лесных территорий, оценить динамику изменчивости растительности и вести их постоянный мониторинг. В свою очередь, владея полной информацией об этих насаждениях, органы лесного хозяйства и Госкомимущества смогут принимать оперативные решения об их эффективном использовании.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Мини-

стерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838 «Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. Электронный ресурс: [http://statmari.gks.ru/digital/region4/DocLib/sx4.html], дата обращения: 15.08.2011.
2. *Курбанов, Э.А.* Оценка зарастания земель запаса Республики Марий Эл лесной растительностью по спутниковым снимкам / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьёв, А.В. Губаев, С.А. Лежнин, С.А. Незамаев, Т.А. Александрова // Вестник МарГТУ. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет. – № 2(9). – 2010. – С. 14-20.
3. *Сухих, В.И.* Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: Учебник / В.И. Сухих // Йошкар – Ола: МарГТУ, 2005. – 392 с.
4. *Verbula, D.L.* Satellite remote sensing of natural resources /D.L.Verbula //CRC Press. – 2000, Levis Published. – P.198.

УДК 630*181.351

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ УГЛЕРОДОДЕПОНИРОВАНИЯ ЛЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ЧАСТИ МАРИЙСКО-ВЯТСКОГО УВАЛА ТРЕБОВАНИЯМ КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА

Р. Р. Валиуллина, Т. Л. Александрова
Марийский государственный технический университет

ESTIMATION OF CARBON SEQUESTRATION IN FOREST STANDS OF SOUTH-TAIGA MARI-VYATSKI RIDGE TO THE REQUIREMENTS OF THE KYOTO PROTOCOL

R. R. Valiullina, T. L. Alexandrova
Mari State Technical University

Кризис, в котором находилась экономика России в конце XX века, вызвал значительные изменения в структуре сельскохозяйственного производства, что подорвало экономический потенциал большинства предприятий отрасли и заметно сократило пользование земельными ресурсами. Значительная часть угодий, переведенных в фонд перераспределения и запаса из-за отсутствия за ними своевременного ухода, стала зарастать лесом, другая же часть превратилась в пустыри. В настоящее время интерес представляют неиспользуемые сельскохозяйственные земли, зарастающие древесной растительностью и активно депонирующие углерод, накопление которого является одной из задач Киотского протокола.

Цель работы заключалась в оценке углерододепонирования лесными насаждениями южно-таежной части Марийско-Вятского увала на соответствие Киотскому протоколу. Для достижения цели исследования решались следующие **задачи**: 1) расчет базовой линии проекта; 2) обоснование дополнительности; 3) оценка утечек; 4) определение эффективности проекта.

Ценность и актуальность Киотского протокола состоит в его пионерном характере, сочетающем экономические и социальные механизмы для решения глобальной экологической проблемы. Киотский протокол об ограничении и сокращении выбросов парниковых газов

В оглавление

является по существу первым международным соглашением в области охраны окружающей среды, основанным на рыночных механизмах регулирования, механизмах международной торговли квотами на выбросы парниковых газов. Рыночные механизмы регулирования выбросов парниковых газов, предусмотренные в Протоколе, вполне могут быть использованы в качестве модели для аналогичных механизмов в иных природоохранных соглашениях. Реализация Киотского протокола может стать одним из первых реальных согласованных шагов мирового сообщества по переходу к устойчивому развитию.

В 2009 году правительством России Сбербанк был назначен официальным оператором продаж прав на выброс парниковых газов в стране. В обязанности оператора входят отбор проектов совместного осуществления (ПСО) на конкурсной основе, последующая передача их в Минэкономразвития и отслеживание реализации утвержденных проектов. Первый конкурс по выбору ПСО был проведен Сбербанком весной 2010 года. Летом того же года Минэкономразвития утвердило первые 15 ПСО. На второй конкурс, по итогам которого были утверждены 18 ПСО, было подано 58 заявок (данные на январь 2011 г.). Помимо снижения вредного воздействия на атмосферу, реализация проекта позволит участникам проекта заработать на предусмотренной в международном соглашении продаже квот на выброс парниковых газов [3].

В справке о ходе выполнения мероприятий Комплексного плана действий по реализации в Российской Федерации Киотского протокола к рамочной Конвенции ООН об изменении климата за 2006 год в главе I.2. «Реализация основных мер, направленных на увеличение абсорбции и сокращение выбросов парниковых газов на землях государственного лесного фонда и в сельском хозяйстве» отмечено следующее:

«В соответствии с пунктами I.2.1, I.2.2, I.2.3 Комплексного плана Рослесхозом по состоянию на 1 октября 2005 г. выполнены следующие объемы работ:

- лесовосстановительные работы проведены на площади 549 тыс. гектаров;
- посадка и посев леса проведены на площади 161,2 тыс. гектаров;
- агротехнические уходы за лесными культурами проведены на площади 653,5 тыс. гектаров;
- меры содействия естественному возобновлению леса проведены на площади 387,8 тыс. гектаров.

Для обеспечения лесокультурных работ в будущем году проведена подготовка почвы на площади 86 тыс.га.

Для обеспечения работ по лесовосстановлению и лесоразведению посадочным материалом на ближайшие 2-3 года в лесных питомниках произведен посев семян древесных и кустарниковых пород на площади 921 га, с целью выращивания крупномерного посадочного материала высажено 93,9 млн. штук сеянцев» (Справка о ходе выполнения…, 2006).

На долю сельскохозяйственных угодий Марийско-Вятского увала приходится 400483 га, что составляет 49% от общей площади земель сельскохозяйственного назначения РМЭ. В силу ухудшения экономического состояния в сельскохозяйственном производстве, прекращения работ по мелиорации земель и миграции населения в крупные города происходит сокращение площадей сельхозугодий. В среднем по району исследования не используется 18% сельскохозяйственных земель (табл. 1). По данным таблицы 1 видно, что наибольший процент залежей исследуемой территории в Новоторъяльском районе, потом идут Моркинский и Волжский районы.

Залежи[1] являются потенциальными площадями зарастания древесно-кустарниковой растительностью. Поэтому вышеперечисленные районы требуют большего внимания с точки зрения зарастания сельскохозяйственных земель и их использования при расчетах бюджета углерода.

Таблица 1

Наличие земель, находящихся у землепользователей, занимающихся производством сельхозпродукции на 1 января 2009 года (га)

Районы	Сельскохозяйственные угодья	В том числе залежи	
		га	%
Волжский	37322	7369	19.7
Куженерский	52461	3513	6.7
Новоторъяльский	60411	22243	36.8
Моркинский	62671	15332	24.5
Параньгинский	50995	2740	5.4
Сернурский	77553	13483	17.4
Советский	59070	7450	12.6
Итого по Марийско-Вятскому увалу	400483	72130	18.0

Восстановление сельскохозяйственных угодий после формирования на них древесно-кустарниковых молодняков невозможно без дорогой раскорчевки, что обуславливает экономическую целесообразность перевода их в фонд перераспределения и в земли запаса с последующей передачей органам лесного хозяйства для лесовыращивания.

Киотским протоколом предусматривается выращивание так называемых «киотских лесов», которые создаются на ранее непокрытых лесом площадях (бывших землях сельскохозяйственного назначения) с целью дополнительного поглощения и депонирования углекислого газа из атмосферы. Официальное название этих лесов в документации Федерального агентства лесного хозяйства − углерододепонирующие насаждения.

В 2008 году в Сернурском лесничестве начались работы по созданию углерододепонирующих насаждений в Республике Марий Эл по программе «Восстановление лесов в Республике Марий Эл в рамках реализации Киотского протокола». Было посажено более 3,5 млн. штук елей, берез и лип на площади 807,7 га (рис. 1). Всего на территории района планируется заложить 1500 га таких насаждений. По завершению данных работ лесистость района составит более 13 процентов (Муниципальное образование…, 2010).

Один из таких участков плантации ели (*Picea abies*) площадью 200 га (рис.2,а) был исследован летом 2010 года во время научно-исследовательской практики на территории южно-таежной части Марийско-Вятского увала. Глазомерная оценка показала, что на участке наблюдается зарастание сорной растительностью (осоковые и злаковые). От ближайшей стены леса на участке киотских культур происходит естественное зарастание молодняком березы (рис.2,б). Но, судя по обследованному участку, можно сказать, что состояние посадок елей удовлетворительное. Даже наличие на участке молодняка березы способствует благоприятному росту темнохвойного подроста ели. Однако в любом случае требуется контроль путем постепенной рубки спелых березняков с сохранением подроста.

По данным Центра устойчивого управления лесами МарГТУ была составлена таблица «Характеристика березовых насаждений на пробных площадях» (табл.2) и получен график

[1] ***Залежь*** − земельный участок, который ранее находился в составе пашни и более одного года, начиная с осени, не используется для посева сельскохозяйственных культур и не подготовлен под пар.

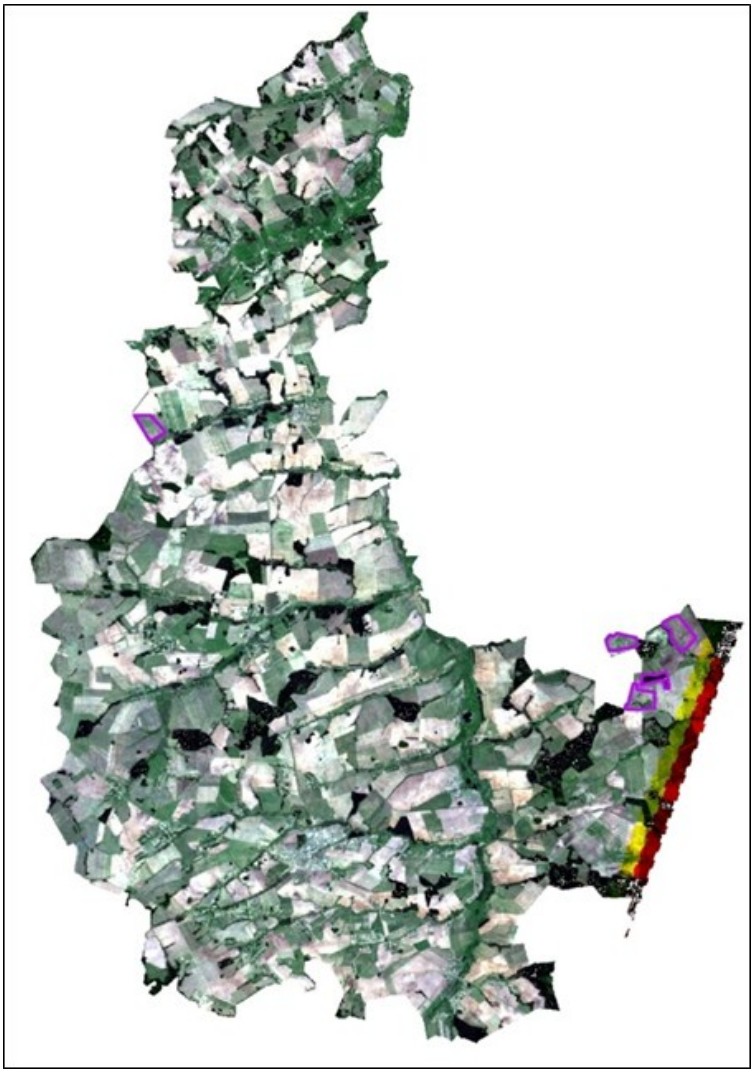


Рис. 1. Сернурский район. Снимок Landsat 2001 года

Условные обозначения: − Посадки киотских лесов

Рис. 2. Участок киотского леса в Сернурском лесничестве:
а) ряд посаженных елей в 2008 г;
б) зарастание молодняком березы от стены леса

«Динамика накопления углерода березовыми молодняками на территории Марийско-Вятского увала» (рис.3).

Таблица 2

Характеристика березовых насаждений на пробных площадях

№ п/п	Ср. высота, м	Ср. возраст, лет	Фитомасса, т/га	Густота, шт/га	С, т/га$^{-1}$
1	1,35	4	4,37	1139	2,19
2	3,08	5	3,94	8368	1,97
3	3,1	6	5,79	1635	2,90
4	2,57	7	9,37	8431	4,68
5	2,9	9	5,60	11040	2,80

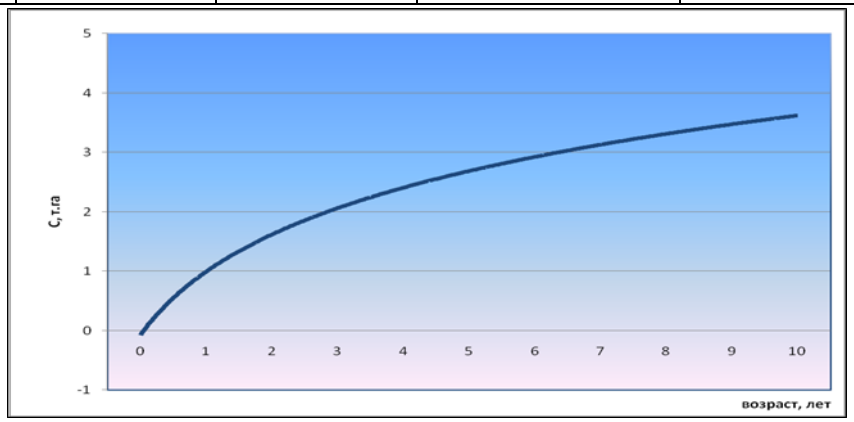


Рис. 3. Динамика накопления углерода березовыми молодняками на территории Марийско-Вятского увала

На исследуемых пробных площадях южно-таежной части Марийско-Вятского увала главной породой, захватывающей территорию сельскохозяйственных угодий, является береза повислая (*Betula pendula*). Средний возраст древостоя составляет 6-7 лет, средняя густота – 5 -6 тыс. шт. га$^{-1}$, средняя высота 2,5 м. Средний запас углерода в надземной фитомассе березы на заложенных пробных площадях достигал 3-3,5 т/га. В некоторых случаях с березой встречались другие единичные породы: ель европейская (*Picea abies*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ива козья (*Salix caprea*).

Исследуемые молодые березовые насаждения характеризуются высоким накоплением фитомассы, что обусловлено высоким плодородием земель и отсутствием конкуренции за свет и питательные вещества, что выгодно отличает их от подроста естественного возобновления под пологом леса. Это обстоятельство также должно способствовать решению перевода таких насаждений под углерододепонирующие, что позволит прибыльно использовать заброшенные земли. Расчеты показывают, что на площади 100 тыс. га может депонироваться в среднем до 0,5 млн. т углерода. При средней стоимости на международном рынке 10 US$ за 1 т депонированного углерода цена вопроса таких земель в Республике Марий Эл может составлять 5 млн. US$ (Курбанов и др., 2010).

Результаты работы. Были рассмотрены следующие критерии: базовая линия, дополнительность, утечка, эффективность проекта. Построена базовая линия для березовых насаждений. Изучены также созданные посадки киотских лесов в южно-таежной части Марийско-Вятского увала, которые были созданы на территории Сернурского лесничества. Проведена глазомерная оценка одного из участков – плантации ели. На исследуемом участке дополнительность обосновывается созданием плантаций на землях нелесного фонда, созданные насаждения находятся на землях запаса и перераспределения. На территории Сернурского

лесничества может возникнуть утечка, имеющая локальные масштабы, в связи с возможным увеличением вырубки лесов, пожаров и вспышки вредителей. Но этот показатель не будет столь значительным, чтобы повлиять на расчеты, так как лесничество осуществляет строгий контроль любой деятельности в пределах территории лесхоза. К тому же лесистость района невысока (11%), что облегчает работу по отслеживанию незаконных рубок. Эффективность проекта обосновывается прогнозированием накапливаемого углерода в березовых насаждениях. По данным Центра устойчивого управления лесами МарГТУ было выявлено, что за 10 лет березовые насаждения накапливают около 4 т/га углерода.

Оцениваемые участки могут остаться в фонде перераспределения еще в течение одного-двух лет, однако без реализации проекта совместного осуществления через некоторое время их могут вернуть под сельскохозяйственное пользование. Альтернативой этому способны стать леса, которые и обеспечат необходимую среду обитания для местной флоры и фауны, и обогатят естественное биоразнообразие экосистемы. На социальном уровне проект обеспечит работой местные сельские сообщества, что может повысить их доходы. Спелый лес будет далее служить источником дров, лесоматериалов, древесины, недревесной продукции леса, сбора ягод, грибов, заготовки живицы. Кроме того, естественное лесовосстановление может остановить деградацию лесных земель и потерю растительного покрова. Поэтому возобновление леса на бывших сельскохозяйственных угодьях необходимо поддерживать.

На сайте министерства экономического развития Российской Федерации представлена информация о реализации Киотского протокола. Проекты по осуществлению Киотского протокола в Республике Марий Эл на сайте конкретно не представлены. Можно предположить, что углерододепонирующие проекты, осуществляющиеся в Республике Марий Эл, включены в план деятельности Рослесхоза, что свидетельствует об их легитимности при получении сертифицированных эмиссий парниковых газов.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838 «Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. *Курбанов, Э.А.* Распределение фитомассы березы на землях запаса в республике Марий Эл / Э.А. Курбанов, Л.С. Устюгова, А. Гретчель, Т.Л. Александрова, Р.Р. Валиуллина, Н.С. Смоленцева, Е.В. Новокшонова, И.В. Комарова // Опыт и развитие управления использованием земельных ресурсов: материалы международной научной конференции 1-4 февраля 2010 г. – Ташкент: ТИИМ. – 2010. – С. 130-135.

2. Муниципальное образование «Сернурский муниципальный район» [Электронный ресурс]: 2010. – Режим доступа: http://www.sernur.ru/page26.html. − 2.06.2011.

3. РФ утвердила проекты по продаже квот на парниковые газы [Электронный ресурс]: Newsland. – 2011. – Режим доступа: http://www.newsland.ru/news/detail/id/618209/cat/86/. – 20.06.2011.

4. Справка о ходе выполнения мероприятий Комплексного плана действий по реализации в Российской Федерации Киотского протокола к рамочной Конвенции ООН об изменении климата [Электронный ресурс]: сайт Минэкономразвития РФ. – 2006. – Режим доступа: http://www.economy.gov.ru/minec/activity/sections/nature/kiotodoc1140951125719presentationtemplate=docHTMLTemplate1&presentationtemplateid=2dd7bc8044687de796f0f7af753c8a7e&WCM_Page.ResetAll=TRUE&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE&CONNECTORCACHE=NONE. – 20.06.2011.

УДК 630*583

ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ СНИМКОВ LANDSAT ETM+

О. Н. Воробьев, Э. А. Курбанов
Марийский государственный технический университет

GENERALISZATION OF THEMATIC MAPS OF LANDSAT ETM+ IMAGES

O. N. Vorobyev, E. A. Kurbanov
Mari State Technical University

В последние годы комплексная оценка растровых и векторных карт становится важным при моделировании и анализе геопространственных данных на спутниковых изображениях (Liao et al., 2010). Разработка тематических карт имеет определенный порядок, состоящий из трех основных методов формирования и генерализации растровых изображений: а) управляемой или неуправляемой классификации с различными уровнями итераций; б) тематическая генерализация; в) получение и оценка точности готовых карт (Kazemi, 2005).

Интеграция данных дистанционного зондирования в среду ГИС обычно включает конверсию растровых данных (тематических карт) в векторный формат, которые, в свою очередь, могут быть последовательно комбинированы с другой, например, атрибутивной информацией. При этом попиксельная классификация растрового изображения на основе многочисленных классов наземных объектов может приводить к ошибкам в связи с отсутствием их пространственной связанности. Для устранения таких ошибок и повышения точности создаваемой тематической продукции необходимо проведение постклассификационной обработки полученных данных (Castilla at all, 2007). Одним из таких ключевых моментов является процесс генерализации растровых электронных карт (Campbell, 2007; YaoLin at al., 2001). При этом, несмотря на успехи в развитии программных средств в области обработки данных дистанционного зондирования (ДЗЗ), экспертная оценка остается ключевым моментом при оценке качества готового продукта (Данилина 2007, Healey 2005).

Растровая генерализация − это набор процедур «фильтрации» небольших групп «ложных» или непроклассифицированных пикселей, удаление, слияние или сглаживание объектов местности на спутниковом изображении (ESRI, 2010). Процесс генерализации тематических карт позволяет сохранить первоначальный объем информации спутникового изображения.

Целью работы является генерализация растровой тематической карты, полученной на базе снимка Landsat ETM+ с использованием международной системы ФАО классификации наземного покрова (LCCS).

Объектом исследования является сцена спутника Landsat-7 ETM+ (Path 172, Row 21, дата 2001 г.) с уровнем радиометрической и геометрической обработки 1G и пространственным разрешением 28,5 м в проекции UTM (zone 42N, WGS84). Атмосферная коррекция спутникового изображения была проведена в модуле FLAASH программного комплекса ENVI 4.8.

Методика исследований. Процесс классификации и генерализации растровых спутниковых изображений представлен в виде последовательных этапов (рис. 1). Предпроцессная подготовка, классификация и формирование мозаики наземного покрова детально описаны в работах авторского коллектива центра устойчивого управления лесами МарГТУ, представленных в данном сборнике.

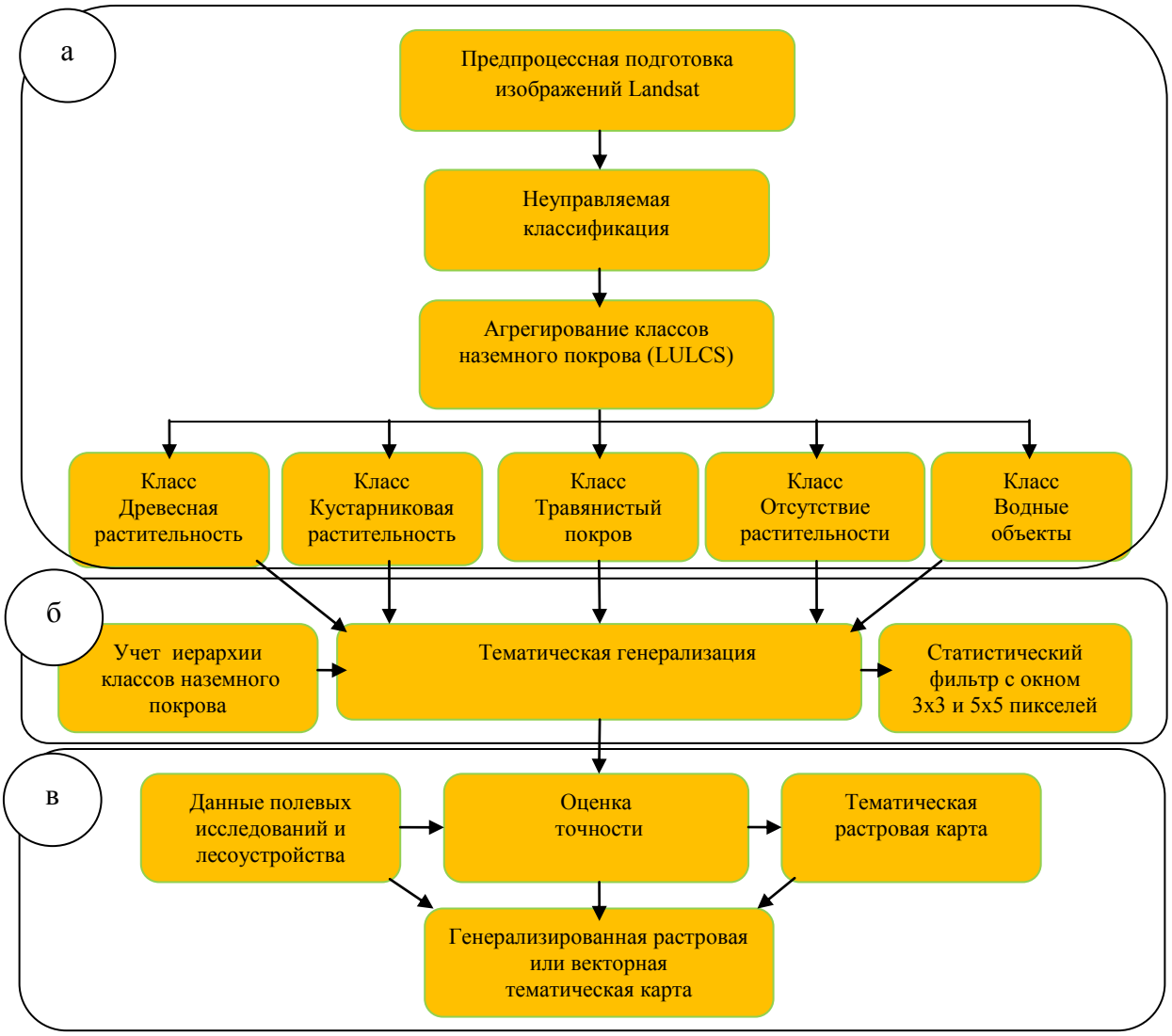


Рис.1. Этапы формирования растровых карт на базе снимков Landsat

Наиболее подробно в данной работе представлен этап генерализации растрового изображения тематической карты. Объектами процесса генерализации в программном комплексе ENVI 4.8 являются классы наземного покрова, представленные в виде отдельных кластеров пикселей на сцене снимка Landsat. В результате создается объектно-ориентированная база данных в виде растровой тематической карты.

Первый этап А (предварительный, см. рис.1) предполагает предпроцессную обработку изображения в программе ENVI-4.8. и формирование детальной легенды наземного покрова согласно международным критериям (LCCS и NELDA), а также проведение классификации изображения при помощи неуправляемой классификации «Isodata» с выделением масок классов. В результате классификации получается детальная растровая тематическая карта для восемнадцати классов наземного покрова. Последующий процесс агрегации позволяет получить более крупные группы пикселей (кластеры) обобщенных классов высшего уровня иерархии согласно преобладающей жизненной форме растительного покрова (LCCS). В результате объединения восемнадцати классов получается готовая к генерализации тематическая карта, состоящая из пяти основных классов: деревья, кустарники, травянистый покров, не покрытые растительностью земли и водные объекты.

Следующим этапом Б (см. рис. 1) является тематическая генерализация, состоящая из несколько ключевых шагов, обеспечивающих сохранение целостности данных с учетом приня-

той минимальной площади полигона класса наземного покрова (3 га) и соблюдения правил иерархической системы LCCS (Steiniger et al., 2005). В результате проводится генерализация отдельных пикселей или комбинации групп пикселей (кластеры) на локальном уровне внутри ранее сформированных классов. Для этого используются методы агрегирования, сглаживания границ полигонов, растягивания, фильтрации или уменьшения объема растровых данных в программных пакетах ENVI и ArcGIS. В зависимости от поставленных целей и задач процесс генерализации может проводиться на нескольких уровнях: макро (класс/карта), мезо (группа объектов) и микро (одиночные объекты) (Kazemi, 2005). В данной работе были использованы мезо- и микроуровни, классы на макроуровне были получены ранее в процессе классификации.

На завершающем этапе В оценивается точность генерализированных карт и формируются взаимосвязи между тематической и атрибутивной информацией согласно классификации NELDA и LCCS. Примером генерализации может служить фрагмент тематической карты на базе снимка Landsat ETM+, полученной в результате нескольких итераций методом неуправляемой классификации Isodata в программном пакете ENVI 4.8 (рис.2). Для процедуры генерализации в пакете ENVI 4.8 в качестве основных «фильтрующих» элементов использовались два программных модуля:

а) Модуль «Sieve» (просеивание классов) позволяет решить проблему «отдельных» пикселей и групп пикселей, расположенных в пределах различных классов наземного покрова, полученных после процесса классификации спутникового изображения. Он заключается в поиске отдельных пикселей на тематической карте, которые расположены внутри полигона более крупного класса, но не соответствующие ему. Для этого проводится поиск смежных пикселей или их групп с количественной градацией (4 и более) с целью оценки их кластеризации на соответствие одному классу. Если в оцениваемом классе количество отдельных пикселей меньше, чем заданное значение градаций «Sieve» в программе ENVI-4.8, то они удаляются из него. При этом на тематической карте на месте удаленных пикселей остаются пустые (неклассифицированные) участки черного цвета (рис. 3).

б) Модуль «Majority/Minority Analysis» используется для уточнения класса «ложных» (отдельных) пикселей на их соответствие более крупному классу, в котором они расположены. В программе ENVI вводится размер ячейки (kernel size) (например, окно 3x3 и более пикселей), который позволяет замещать отдельные пиксели и пустые участки, оставшиеся после процедуры «Sieve», на пиксели основного класса (рис.4). Для полного уточнения тематической карты эти процедуры могут проводиться неоднократно.

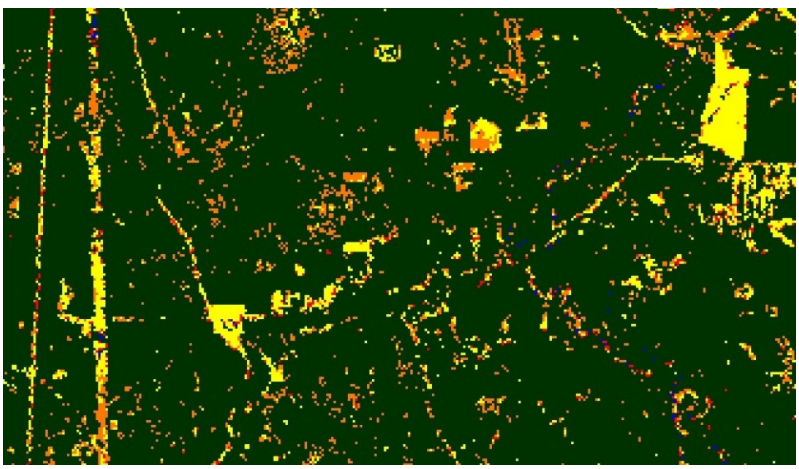


Рис.2. Фрагмент исходной тематической карты после классификации

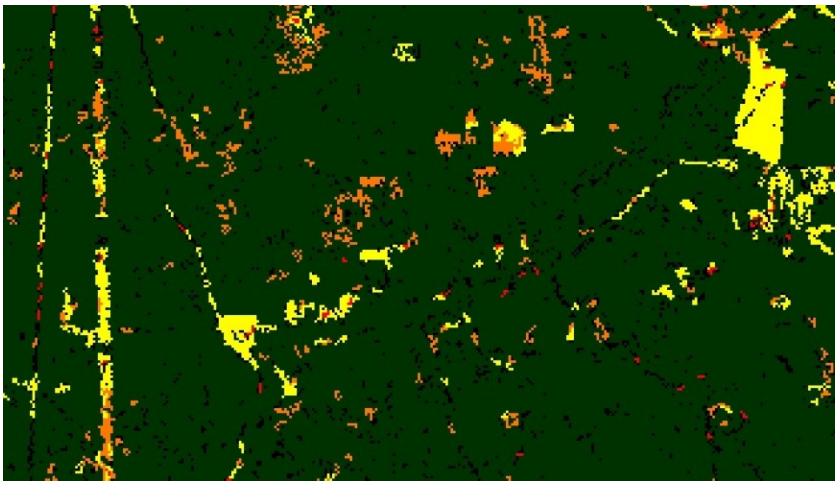


Рис. 3. Тематическая карта после команды «Sieve»

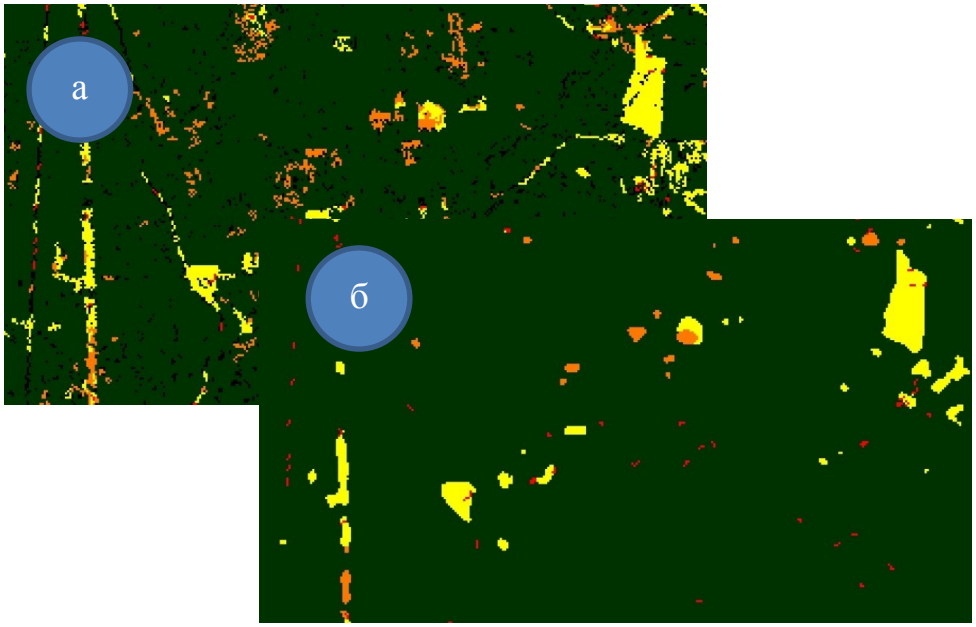


Рис.4. Результат генерализации тематической карты: а) до; б) после применения команды «majority analysis»

После окончания всех вышеприведенных процедур была получена генерализированная тематическая карта для 5 основных классов наземного покрова (рис.5).

Следующим шагом была генерализация ранее полученной детальной карты с легендой из 18 классов. Он заключается в последовательной процедуре наложения сформированных слоев классов детальной легенды (низкий уровень иерархической легенды классов наземного покрова) на готовые слои обобщенной основной легенды с применением модуля «majority analysis». Дополнительно проводится генерализация для непроклассифицированных участков. В результате непроклассифицированным пикселям (участки черного цвета) присваивается значение класса детальной легенды и формируется генерализированная карта на 18 классов наземного покрова согласно критериям международной классификации LCCS и NELDA (рис.6).

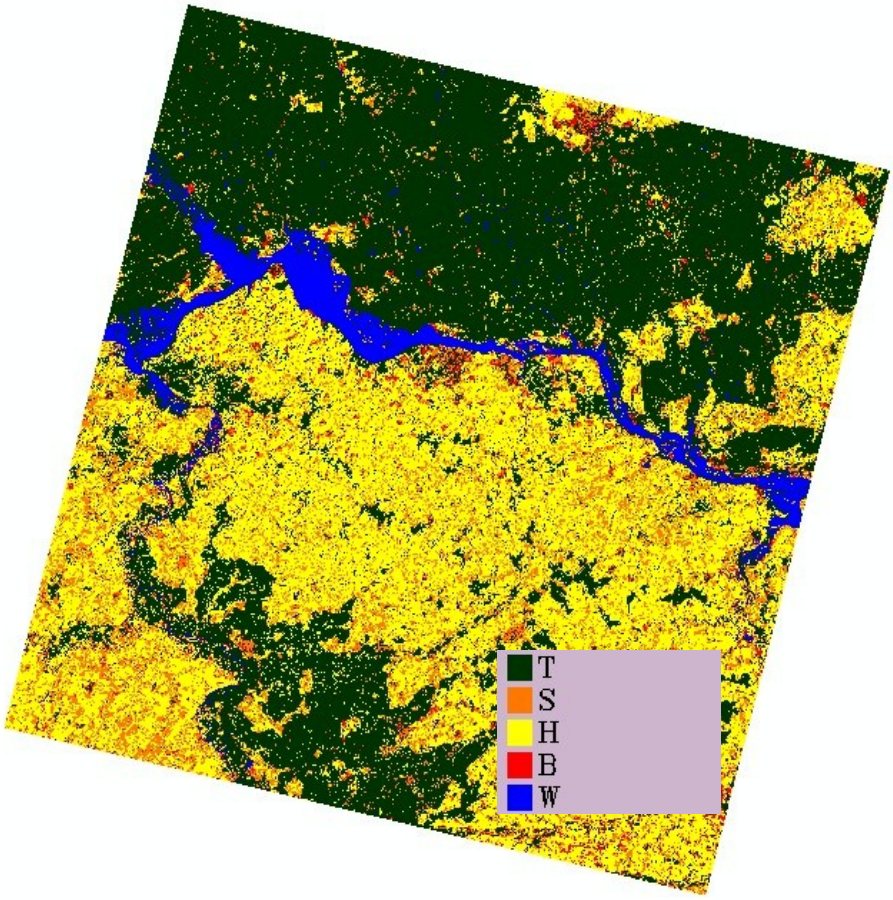


Рис.5. Результат генерализации тематической карты Среднего Поволжья на пять основных классов наземного покрова (T – деревья, S – кустарники, H – трава, B – отсутствие растительности, W – вода)

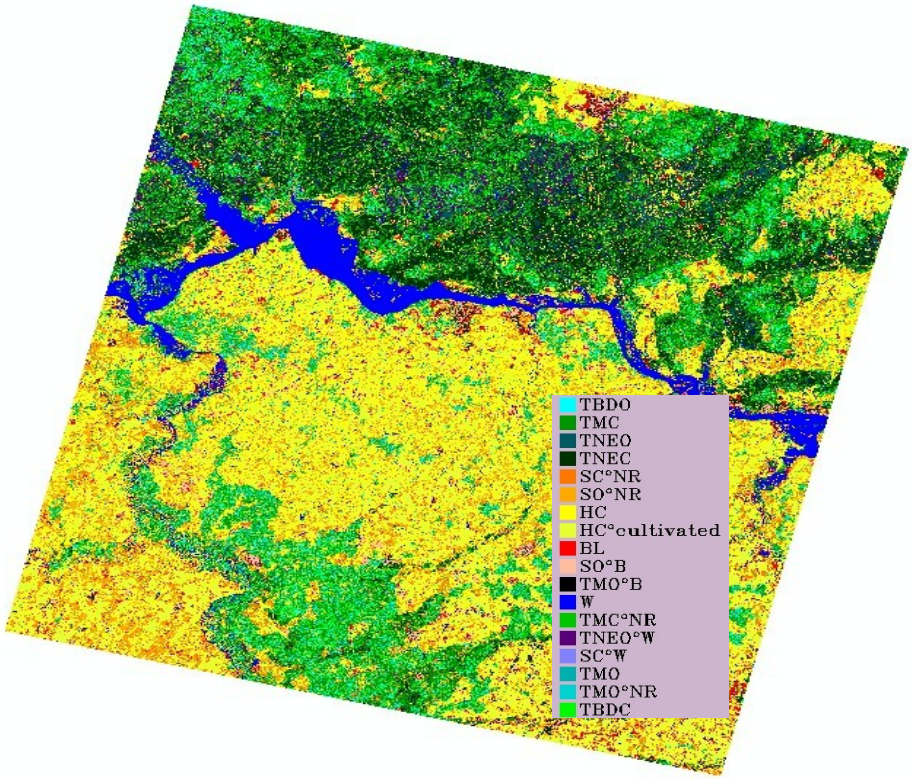


Рис.6. Результат генерализации детальной карты для 18 классов наземного покрова

Результаты исследований

Представленный алгоритм пошаговой генерализации предлагает порядок работы при формировании тематических генерализированных карт для перевода их в векторный формат. Полученные карты двух уровней детализации наземного покрова позволяют проводить анализ состояния и динамики наземного покрова. С учетом трудоемкости, высокой стоимости и низкой периодичности проведения лесоустроительных работ данная методика формирования картографических материалов будет полезна лесохозяйственному производству, а также при проведении региональных оценок состояния и динамики растительных ресурсов. Результаты работы представлены в виде электронной тематической карты на сайте международного проекта (NELDA).

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838 «Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. *Данилова, И.В.* Методика составления карт лесных территорий на основе данных космической съемки (на примере Красноярского края) / И.В. Данилова // География и природные ресурсы. − 2007. − № 4. − С. 135-139.
2. *Campbell, J.B.* Introduction to remote sensing / J.B. Campbell. − 4th edition // A Division of Guilford Publication, Inc. − 2007. − 625 p.
3. Natural Vectorization (Natvec): a novel raster to vector conversion tool / G. Castilla at al. // GEOTEC Event., Calgary, Alberta. − 2007. − May 14-17.
4. *Healey, S.P.* Comparison of tasseled cap-based Landsat data structures for use in forest disturbance detection / Sean P, Healey at al. // Remote Sensing of Environment. − 2005. − № 97. − P. 301-310.
5. *Kazemi,S.* Interactive and Automated Segmentation and Generalisation of Raster Data / S. Kazemi, L. Samsung, C. Rizos // Proceeding of the first International Symposium on Cloud-prone & Rainy Areas Remote Sensing (CARRS). − Hong Kong, 2005. − P. 4-8.
6. *Liao, S.* A new grid-cell-based method for error evaluation of vector-to-raster conversion Shunbao an S. Liao, Y. Bai // Comput Geosci. – 2010. − № 14. − P. 539–549.
7. *Steiniger,S.* A conceptual framework for automated generalization and its application to geologic and soil maps / S. Steiniger, R. Weibel // Proceedings of the 22th International Cartographic Conference. – 2005. − Issue: July. − P. 11-16.
8. *YaoLin, L.* Land use data generalization indices considering scale and land use pattern effects / L. YaoLin, J. LiMin, L.YanFang // Science China, Earth Sciences. – 2011. − Vol. 54, № 5. − P. 694–702.
9. *YaoLin, L.* Framework for generalization constraints and operations based on object-oriented data structure in database generalization / L. YaoLin and al. // Geo-spatial Information Science. − 2001. − Vol. 4, № 3. − P. 42-49.
10. NELDA (Northern Eurasia Land Dynamics Analysis) URL: http://www.fsl.orst.edu/nelda/
11. NASA Land-Cover and Land-Use Change (LCLUC) URL: http://lcluc.umd.edu/
12. ESRI (Raster Generalization) URL: http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/

УДК 630*583

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ В СРЕДЕ ГИС

А. В. Губаев
Марийский государственный технический университет

ACCURACY ASSESSMENTS OF VEGETATION COVER THEMATIC MAPS BY SATELLITE IMAGES IN GIS ENVIRONMENT

A. V. Gubayev
Mari State Technical University

Тематическое картирование наземных объектов по спутниковым снимкам может иметь практическое значение при изучении глобальных изменений, выполнении международных конвенций, управлении природными ресурсами и повышении точности карт наземной растительности (Курбанов и др., 2010). Работа в программных пакетах ENVI и ARC GIS по классификации спутниковой сцены требует дальнейшей оценки точности полученных тематических карт наземного покрова. Для этого используется набор независимых данных полевых исследований, лесоустроительных планов насаждений, а также существующие карты ГИС классов наземного покрова. Детальное сопоставление тестируемых полигонов различных классов наземного покрова, полученных в результате классификации, с данными независимых источников является трудоемким процессом и требует времени. В связи с этим возникает потребность в автоматизации этого алгоритма.

Целью работы было создание модуля Precision_CSFM_1.0 в комплексном пакете Arc ГИС по оценке точности классификации тематической карты, полученной на спутниковом снимке Landsat ETM+.

Методика работ. Коллективом центра устойчивого управления лесами Марийского государственного технического университета проводится оценка наземного покрова по спутниковым снимкам Landsat ETM+. Для создания легенды тематических карт местности используется методика международного проекта NELDA (Northern Eurasia land dynamics analyses) и LCCS (Land Cover Classification System). На исследуемую территорию, включающую территорию республик Марий Эл и Чувашия, была создана легенда на 18 классов наземного покрова (табл. 1), согласно которой проводилась неуправляемая классификация на снимке Landsat ETM+, и были сформированы тематические карты наземного покрова. Свойственная LCCS гибкость, применимость ко всем климатическим зонам и условиям окружающей среды, а также совместимость с другими существующими классификаторами, делают ее потенциальным международным стандартом. Классы наземного покрова по системе LCCS устанавливаются путем комбинирования набора независимых диагностических критериев (классификаторов), которые подчиняются иерархической структуре (Gregorio, 2005).

Все покрытые растительностью классы земного покрова выделяются при помощи последовательного структурно-физиогномического концептуального подхода, который для естественной либо искусственно созданной растительности объединяет классификаторы ***жизненная форма, покров*** и ***высота растения,*** а для культивированных территорий − ***жизненная форма*** и ***пространственное распределение.*** Классификационная система генерирует отдельные классы земного покрова, которые представлены: 1) уникальной формулой (строка кода, описывающего использованные классификаторы); 2) стандартным названием; 3) уникальным числовым кодом. Числовой код и стандартное название могут быть использованы для создания автоматически генерируемой легенды, в которой используемые классы группируются в соответствии с основными категориями земного покрова и их доменами в зависимости от области данных.

Таблица 1

Легенда классов тематической карты наземного покрова исследуемого региона

№	Наименование и код класса	Описание
1	Хвойный сомкнутый − TNEC ***Tree.Needleleaved.Evergreen.Closed***	Основной ярус представлен сомкнутым древостоем хвойных вечнозеленых пород высотой более 3 м и сомкнутостью полога более 65%. Преобладающие породы − сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris*) и ель европейская (*Picea Abies*) составляют более 75% от состава насаждения
2	Хвойный открытый − TNEO ***Tree.Needleleaved.Evergreen.Open***	Основной ярус представлен хвойными породами высотой более 3 м и сомкнутостью полога 15-65%. Преобладающие породы (те же, см. пункт 1) составляют более 75% от состава насаждения.
3	Лес на болоте − TNEO_W ***Tree.Needleleaved.Evergreen.Open.***	Земли с уровнем вод около/на/выше уровня поверхности почвы в течение достаточно длительного периода. Растительность представлена древесными породами выше 3 м − сосной обыкновенной *(Pinus Sylvestris)* и березой повислой *(Betula Pendula*).
4	Лиственный сомкнутый − TBDC ***Tree.Broadleaved.Deciduous.Closed***	Основной ярус представлен древостоем лиственных пород высотой более 3 м и сомкнутостью полога более 65%. Преобладающие породы – береза повислая (*Betula Pendula)* и тополь дрожащий (*Populus Tremula*) составляют более 75% от состава насаждения.
5	Лиственный открытый − TBDO ***Tree.Broadleaved.Deciduous.Open***	Основной ярус представлен лиственными листопадными породами высотой более 3 м и сомкнутостью полога 15-65%. Преобладающие породы (те же, см. пункт 5) составляют более 75% от состава насаждения.
6	Смешанный сомкнутый – TMC ***Tree.Mix.Closed***	Участки с преобладанием деревьев, на которых ни лиственные листопадные, ни хвойные породы не составляют > 75% от состава насаждения. Высота деревьев выше 3 м и сомкнутость полога более чем > 65%.
7	Лесовозобновление на заброшенных с.-х. землях и лесном фонде (вырубки, гари) возрастом более 5 лет − TMC_NR ***Tree.Mix.Closed_Natural.Regeneration***	Основной ярус представлен молодой древесной растительностью лиственных или хвойных пород с сомкнутостью полога > 65% и высотой деревьев более 3 метров. Ни лиственные, ни вечнозеленые хвойные породы не составляют > 75% от его состава. Преобладающие породы − береза повислая (*Betula Pendula),* ива козья (*Salix Caprea),* сосна обыкновенная *(Pinus Sylvestris)*
8	Смешанный открытый – TMO ***Tree.Mix.Open***	Представлены деревьями высотой более 3 м, где ни лиственные листопадные, ни вечнозеленые хвойные породы не составляют > 75% от состава насаждения. Сомкнутость полога составляет 15-65%.
9	Населенные пункты (города, поселки) − TMO_B ***Tree.Mix.Open_Built***	Наземный покров представлен постройками, где площадь зданий и сооружений, созданных человеком, составляет более 15%. Включает смешанный древесный растительный покров с высотой деревьев выше 3 м и сомкнутостью полога менее 15%.
10	Лесовозобновление на заброшенных с.-х. землях с полнотой менее 0,5 − TMO_NR ***Tree.Mix.Open_Natural.Regeneration***	Основной ярус представлен разреженной молодой древесной растительностью выше 3 м и сомкнутостью полога 15-65%. Ни лиственные листопадные, ни вечнозеленые хвойные породы не составляют > 75% от его состава.
11	Кустарник на болоте − SC_W ***Shrub.Closed_Wetland***	Растительность высотой до 3 м, представленная кустарником багульник (*Ledum palustre)*, **болотный мирт** или кассандра (*Chamaedaphne calyculata)*, **подбел** или андромеда (*Andromeda polifolia),* **голубика** обыкновенная *(Vaccínium uliginósum*) в сумме превышают 65% проективного покрытия.

Окончание табл. 1

12	Лесовозобновление (посадки) на заброшенных с.-х. землях и на землях лесного фонда (вырубки, гари) до 5 лет − SC_NR ***Shrub.Closed_Natural.Regeneration***	Основной ярус представлен молодой древесной растительностью лиственных или хвойных пород с сомкнутостью полога > 65 %. Высота деревьев менее 3 метров.
13	Лесовозобновление (посадки) на заброшенных с.-х. землях и на землях лесного фонда (вырубки, гари) до 5 лет − SO_NR ***Shrub.Open_Natural.Regeneration***	Основной ярус представлен молодой древесной растительностью лиственных или хвойных пород с сомкнутостью полога 15-65 %. Высота деревьев менее 3 метров.
14	Растительный покров населенных пунктов − SO_B ***Srub.Open_Built***	Древесно-кустарниковая растительность населенных пунктов и садов с суммой проективного покрытия 15-65 % и высотой растительности менее 3 м.
15	Травянистый сомкнутый − HC ***Herbaceous.Closed***	Основной ярус представлен сомкнутой травянистой растительностью, с проективным покрытием более 65 % и высотой до 2 м.
16	Обрабатываемые земли − HC_cultivated ***Herbaceous.Cultivated***	Сезонный максимум травянистой растительности соответствует 75-100 % площади. Земли используются под выращивание злаковых (пшеница, ячмень, овес) и овощных культур (картофель, свекла, морковь).
17	Лишенный растительности − BL ***Bare.Land***	Участки, лишенные растительности, с покровом менее 15 % в течение 10 и более месяцев в году (песчаный карьер, пляж).
18	Водный объект − W ***Water***	Покров представлен водоемами с наличием воды более 11 месяцев в году.

Иерархичность построения легенды классов заключается в том, что на высшей ступени стоит классификатор «деревья» и далее по мере уменьшения значимости (от высоких − к низким) в структуре растительного покрова. Принадлежность объекта к преобладающим типам наземного покрова (деревья, кустарники, трава и т.п.) определяется в зависимости от процента их проективного покрытия и высоты (рис. 1). Далее для участков, отнесенных к классу деревьев, по преобладающему составу и смешанности пород определяется тип леса (лиственные, хвойные, смешанные) (рис. 2). В LCCS сомкнутость полога лесного насаждения характеризуется двумя градациями – 15-65 % (открытые) и 65-100 % (сомкнутые). Заболоченность участка определяется уровнем вод, которые создают условия для поддержания болотных или водных процессов.

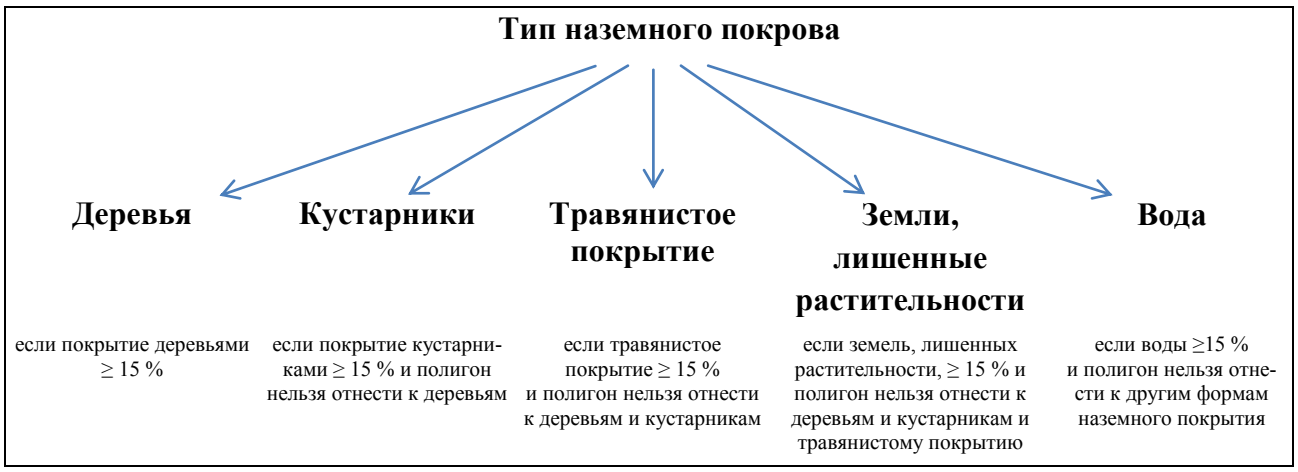


Рис. 1. Классификация LCCS по основным типам наземного покрова

Определение класса по тематической карте для каждого тестового полигона очень длительный и трудоемкий процесс, поэтому для его автоматизации разработан программный модуль Precision_CSFM_1.0 для среды ArcGIS. Языком программирования программного

модуля по оценке тематической карты выбран CSharp (C#), который позволяет использовать большую часть возможностей программного комплекса ArcGIS. Разработка модуля, который интегрируется в систему ArcMap, производилась в среде Microsoft Visual C# 2008 Express Edition.

Тематическая карта представляет собой векторный слой с информацией о классе земного покрова на спутниковом изображении Landsat ETM+ (2001 г.). Независимая наземная информация (данные полевых исследований ЦУЛ и Марийской лесоустроительной экспедиции) так же представлена в векторном слое и в виде атрибутивной базы данных. Для каждого участка земной поверхности (тестового полигона), для которого имеются геопривязанные наземные данные (контрольные полигоны), программным модулем определяется соответствующий класс растительного покрова на изучаемой тематической карте.

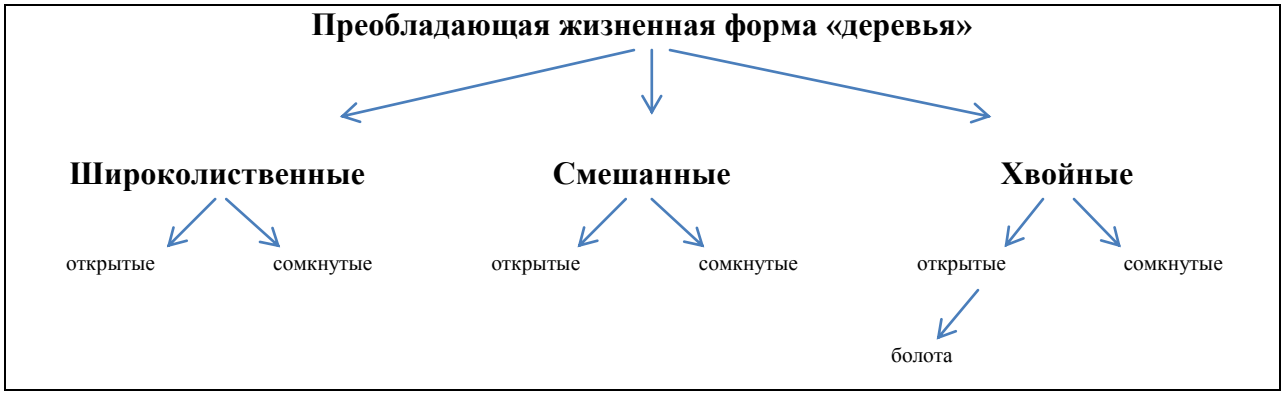


Рис. 2. Структура формирования класса с преобладающей формой растительности «деревья»

Оценка точности полученной тематической карты на основе классификации спутникового снимка Landsat ETM+ и разработанной программы проводится следующим образом. В программный пакет ArcMap интегрируются все слои тематической карты Landsat ETM+ и векторные слои независимых источников, содержащие исследуемые объекты наземного покрова (контрольные полигоны). На рис. 3 показан пример оценки тестового полигона на тематической карте Landsat ETM+, в состав которого входит 7 классов: HC (травянистые) – 0,083 га (0,26 %), TBDC (широколиственные леса закрытого типа) – 0,342 га (1,07 %), TMC (смешанные леса закрытого типа) – 2,403 га (7,51 %), TNEC (хвойные леса закрытого типа) – 20,783 га (64,95 %), TNEO (хвойные леса открытого типа) – 5,541 га (17,32 %), TNEO_W (хвойные леса открытого типа, болотистые) – 2,420 га (7,56 %), W (вода) – 0,244 га (0,76 %).

Программа Precision_CSFM_1.0 проводит оценку совпадений полигонов классов тематической карты с контрольными данными (полигонами) для каждого отдельно выбранного слоя (класса легенды). Процедура оценки состоит из следующих шагов.

1. Программный модуль по вышеприведенной иерархической системе LCCS определяет соотношение площадей типов наземного покрова, ограниченных тестовым полигоном. Если суммарный процент покрытия деревьями тестового полигона оказывался ≥ 15, то исследуемый полигон относится к жизненной форме надземного покрова «деревья» (рис. 3). Если он был меньше 15, то проверяется принадлежность тестового полигона к другим типам жизненной формы − кусты, травянистое покрытие (Lunetta and Lyon, 2004).

2. ***Тип и сомкнутость лесного покрова*** определяется по процентному соотношению площадей (хвойные, лиственные или смешанные) исследуемых участков, ограниченных тестовым полигоном. Если жизненная форма покрытия определена как древесная, то в расчет берутся только площади участков тематической карты древесных классов, входящих в тесто-

вый полигон. В конечном итоге, если хвойные (лиственные) породы в процентном соотношении на исследуемом полигоне составят ≥ 75 %, то он будет отнесен к хвойному (лиственному) типу лесного покрова. При соотношении хвойных и лиственных пород 25 % – 75 % его следует считать смешанным. В связи с тем, что на исследуемом тестовом полигоне (рис. 3) площадь TMC (7,51 %) значительно ниже других классов растительного покрова, она делится поровну между лиственными (3,75%) и хвойными (3,75%) насаждениями. Кроме того, в этом случае класс HC (herbaceous) не принимается в расчет при выявлении типа растительного покрова. Его следует учитывать, если первый классификатор будет отнесен к жизненной форме «травянистый покров». Это положение также распространяется на класс «кустарники», если он будет выделен в другой комбинации классов тестовых полигонов.

Основные классы древесного покрова TBDC, TNEC, TNEO, TNEO_W пересчитываются на коэффициент сомкнутости полога, что позволяет выравнять площади исследуемых классов и более точно определить тип и сомкнутость лесного покрова. В соответствии с методикой оценки растительного покрова NELDA и LCCS средние значения сомкнутости полога лесных насаждений составляют для открытых 40 % (15-65 %) и сомкнутых 82,5 % (65-100 %) насаждений.

Алгоритм определения типа лесного покрова и его сомкнутости в нашем примере будет выглядеть следующим образом:

TMC, TNEC, TNEO, TNEO_W: 7,51*0,5*0,825 (хвойные) + 64,95*0,825 + 17,32*0,4+ 7,56*0,4 = 3,09+53,58+6,92+3,02 = 66,61 %.

Общая площадь древесного покрова составляет:

TBDC +TMC+TNEC = 1,07+7,51+64,95 = 73,53 %*0,825 = 60,66 (сомкнутые),

TNEO + TNEO_W = 17,32 + 7,56 = 24,88 %*0,4 = 9,95 % (открытые).

Итого: 60,66 +9,95 = 70,61 %.

Соответственно площадь хвойных насаждений на исследуемом полигоне составит:

66,61/70,61*100 = 94 % , что соответствует классу легенды – ***хвойный сомкнутый* (TNEC)**. Сравнение изучаемого полигона с данными независимых источников также свидетельствует о его принадлежности к классу основной легенды TNEC. Таким образом, приведенный пример точно выявил принадлежность тестового полигона тематической карты растительного покрова Среднего Поволжья наземным (контрольным) данным.

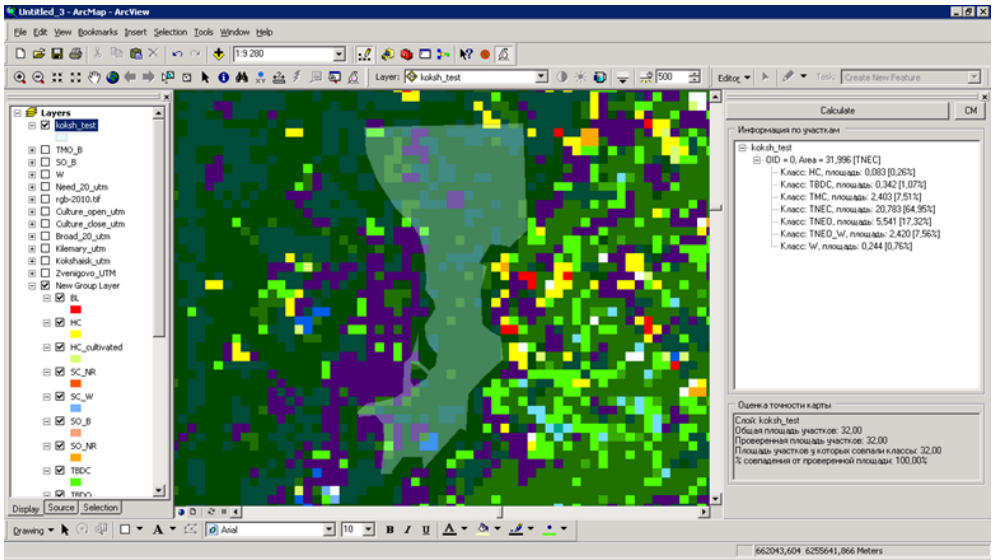


Рис. 3. Пример тестового полигона в программе ArcMap

Соответственно если форма покрытия для тестового полигона определена как «кустарники», то в расчет берутся только площади участков тематической карты кустарниковых классов. В данной работе используются четыре класса кустарниковых: SC_W (Shrub.Closed_Wetland), SC_NR (Shrub.Closed_Natural.Regeneration), SO_B (Srub.Open_Built) и SO_B (Srub.Open_Built) (табл. 1). При выявлении класса легенды на тестовых полигонах для кустарниковых по аналогии с определением типа лесного покрова процент их площади умножается на коэффициент 0,825 (сомкнутые) и на коэффициент 0,4 для открытого типа. Если суммарный процент покрытия площади ≥ 65 %, то тестовый полигон относится к сомкнутому типу кустарников, если меньше 65 %, то к открытому (рис. 4). Кроме того, каждый тестовый полигон проверяется на его соответствие классу болот.

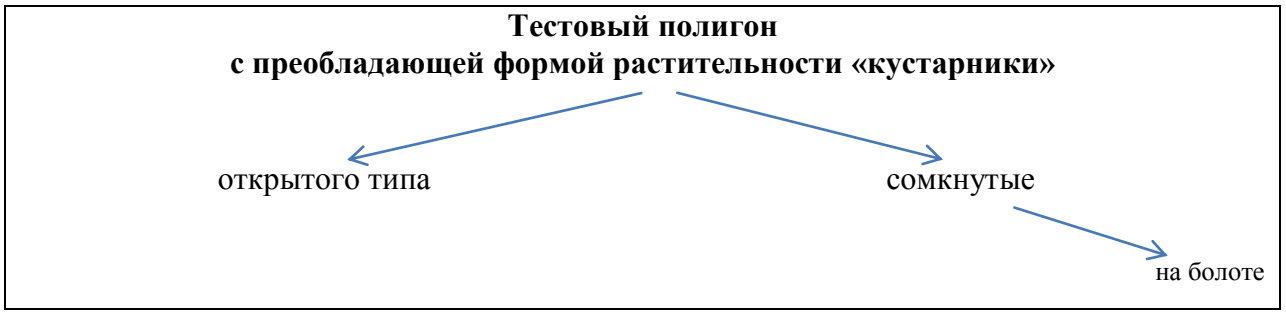


Рис. 4. Структура формирования класса с преобладающей жизненной формой «кустарники»

При оценке точности тематической карты будут использованы два класса «травянистые»: травянистый сомкнутый HC (Herbaceous.Closed) и обрабатываемые земли − HC_cultivated (Herbaceous.Closed_Cultivated). Коэффициент сомкнутости для этих классов составляет 82,5 %.

После проведения всех работ по сопоставлению тестовых (на тематической карте) и контрольных полигонов (наземных данных) в программе Precision_CSFM_1.0 создается матрица ошибок (confusion matrix) (табл. 2).

Первый вертикальный столбец матрицы представлен фактическими (эталонными) данными полевых исследований, а верхний горизонтальный ряд включает в себя предполагаемые классы. Значения по диагонали матрицы (серым цветом) представляют собой число совпавших пикселей расчетных классов и реальных (эталонных) данных. Сумма по диагонали показывает общее количество правильно классифицированных пикселей, а отношение этого числа к общему количеству пикселей в матрице называется общей точностью классификации (P), выражаемой в процентах:

$$\textbf{Общая точность} = \frac{n_{AA} + n_{BB} + n_{CC} + n_{DD} + n_{EE} + n_{FF}}{N}, \quad (1)$$

где n_{AA}, n_{BB}, n_{CC}, n_{DD}, n_{EE}, n_{FF} – общее количество правильно классифицированных пикселей в пределах одного класса.

Далее проводится расчет коэффициента Каппа, который определяется по формуле

$$K = \frac{P - P_c}{1 - P_c}, \quad (2)$$

где P − общая точность классификации, Pc − точность возможной классификации, которая представляет собой ожидаемую точность случайных значений классов, присвоенных каждому пикселю (производится автоматически в программе ENVI-4.7). Оценка коэффициентов Каппа проводится с использованием значения заранее сформированной матрицы ошибок.

Таблица 2

Матрица ошибок соответствия контрольных и тестовых данных

Классы определенные по тематической карте	Классы по наземным данным (контрольные)																		
	TNEC	TNEO	TNEO_W	TBDC	TBDO	TMC	TMC_NR	TMO	TMO_B	TMO_NR	SC_W	SC_NR	SO_NR	SO_B	HC	HC_cultivated	BL	W	Всего	Точность реального класса
TNEC	**57**	8	1			3						21	1						91	62,64
TNEO	23	**6**	4					1			11	52	3				4		104	5,77
TNEO_W			**0**																0	0,00
TBDC				**9**	1	6						1							17	52,94
TBDO				4	**0**	1						1	1						7	0,00
TMC	38	9	2	50	18	**39**		18			5	9	3				6		197	19,80
TMC_NR							**0**												0	0,00
TMO	13	5	10			3		**0**			18	20	12				1		82	0,00
TMO_B									**0**										0	0,00
TMO_NR										**0**									0	0,00
SC_W											**0**								0	0,00
SC_NR												**0**							0	0,00
SO_NR													**5**						5	100,00
SO_B														**0**					0	0,00
HC												3	1		**0**				4	0,00
HC_cultivated																**0**			0	0,00
BL																	**0**		0	0,00
W																		**0**	0	0,00
Всего	131	28	17	63	19	52	0	19	0	0	34	107	26	0	0	0	11	0		
Точность расчетного класса	43,51	21,43	0,00	14,29	0,00	75,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

Каппа-коэффициент может иметь значения от -1 до + 1. Если К=1, то согласованность между исследуемыми данными является абсолютной; К=0 – отсутствие согласованности.

Обычно считается, что при значении К>0,75 можно говорить о значительной и высокой надежности согласованности данных, а об отсутствии надежности − при К<0,40 (табл. 3).

Таблица 3

Критерии согласованности данных классификации по Каппа-коэффициенту (Casey, 2009)

Каппа-коэффициент	Степень согласованности
< 0	Нет согласованности
0.0 − 0.20	Незначительная
0.21 − 0.40	Слабая
0.41 − 0.60	Умеренная
0.61 − 0.80	Значительная
0.81 − 1.00	Высокая

Элементы, которые не попадают на главную диагональ матрицы ошибок, показывают количество несовпадений классов, определенных по тематической карте и наземным данным.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838

«Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. *Курбанов, Э.А.* Оценка зарастания земель запаса Республики Марий Эл лесной растительностью по спутниковым снимкам / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьёв, А.В. Губаев и др. // Вестник МарГТУ. – Йошкар-Ола: МарГТУ. – № 2(9). – 2010. – С. 14-20.
2. *Lunetta, R.S.* Remote Sensing and GIS Accuracy /R.S. Lunetta, J.G. Lyon//Boca Raton. − FL: CRC Press, 2004.
3. LCCS (Land Cover Classification System) http://www.fao.org/docrep/003/X0596E/X0596e00.HTM.
4. *Gregorio, A.D.* Land Cover Classification System: Classification conceptand user manual / A. Di. Gregorio// FAO Environment and Natural resources Service Series. − Rome. – 2005. − № 8. – 208 p.
5. *Verbula, D.L.* Satellite remote sensing of natural resources /David L.Verbula //CRC Press. – 2000, Levis Published. − P.198.
6. *Casey, P.* Application of the hypothesis analysis method using Cohen's Kappa index to measure the agreement between leather sorters /Patricia Casey, Gustavo Altobelli, Pablo Pignatelli // The thirtieth IULTCS congress, Beijin, China. – 2009. – P. 11.

УДК 630*181.351

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ ЗАПАСА И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОД КИОТСКИЕ ЛЕСА

Л. С. Устюгова

Марийский государственный технический университет

TO THE QUESTION OF ABANDONED LANDS USE FOR THE KYOTO FORESTS

L. S. Ustugova

Mari State Technical University

Киотский протокол, который был принят согласно Конвенции ООН по изменению климата, предоставляет странам-участницам полную свободу выбора средств и методов для сокращения выбросов парниковых газов, с помощью специальных механизмов, позволяющих сокращать выбросы там, где это обходится дешевле. К таким механизмам относятся торговля квотами на выбросы, совместное осуществление проектов по сокращению выбросов с участием иностранных инвесторов и механизм чистого развития, который применяется в отношении развивающихся стран (Киотский протокол, 2001). Киотский протокол дает начало формированию углеродного рынка и появлению нового товара в виде квот на выбросы парниковых газов и квот на их поглощение.

Во всем мире накоплен большой опыт проведения проектов совместного осуществления (ПСО) в лесной отрасли. В Российской Федерации более 70 % эмиссии парниковых газов приходится на энергетический сектор. В связи с этим большинство подобных проектов направлено на повышение эффективности использования энергии, стимулирование разработки и распространения экологически чистых и возобновляемых источников энергии.

По данным на 2008 год российский рынок ПСО является крупнейшим в мире. Имея 77 заявленных проектов с общим потенциальным сокращением выбросов ПГ (парниковых газов) 172,6 млн. тонн CO_2 – экв. на период с 2008 по 2012 гг., Россия занимает 58 % мирового рынка ПСО. Причем на киотские леса (графа «прочие проекты») приходится всего 1 % от всех заявленных предложений по ПСО. Кризис в сельском хозяйстве за последние 15-20 лет

привел к резкому сокращению обрабатываемых земельных угодий, а, следовательно, к интенсивному зарастанию таких участков древесно-кустарниковой растительностью (ДКР). Между тем эти территории имеют непосредственное отношение к проектам совместного осуществления по депонированию углерода. Быстро растущие насаждения березы и осины активно депонируют углерод, являются более устойчивыми к неблагоприятным факторам окружающей природной среды, болезням и вредителям, сохраняя генетическое и биологическое разнообразие. Перевод таких земель под проекты Киотского протокола позволит получить прибыль уже в первые годы реализации проекта, причем затраты на поддержание проекта будут минимальны (Мошкина и др., 2009).

Целью работы является оценка и обоснование использования земель запаса и перераспределения под углерододепонирующие проекты Киотского протокола в сфере землепользования и лесного хозяйства.

Методика работы заключается в анализе литературы, исследующей зарастающие ДКР бывшие под сельхозпользованием земли, оценку накопления фитомассы на таких территориях, а также обоснование использования этих участков под проекты «Киотский лес». Для этого оценивается соответствие зарастающих участков лесной растительностью основным требованиям документации ПСО (построение базовой линии проекта, определение критерия дополнительности проекта, анализ возможной утечки по проекту).

Киотский протокол содержит две статьи, имеющие непосредственное отношение к лесам. Статья 3.3 описывает мероприятия по депонированию углерода (снижению эмиссий парниковых газов) посредством лесовосстановления и лесоразведения (рис.1). Однако провести крупномасштабную деятельность в соответствии со ст. 3.3 достаточно сложно. На практике это может быть посадка лесов на новых территориях, создание защитных лесополос и т. п.

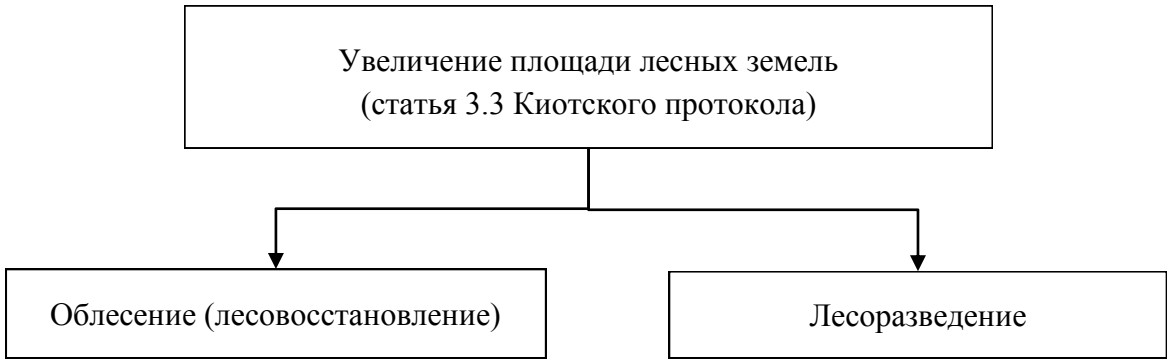


Рис. 1. Направления деятельности по статье 3.3 Киотского протокола, обеспечивающие накопление углерода в лесных экосистемах

Более масштабная деятельность по депонированию углерода возможна в процессе устойчивого ведения лесного хозяйства (статья 3.4): повышение продуктивности растительного покрова, управление лесным хозяйством, пахотными землями и пастбищными угодьями (рис. 2). Эта статья выполняется на добровольной основе.

Все лесохозяйственные мероприятия, проводимые лесничествами в рамках лесного плана, согласно требованиям Киото, не входят в понятие дополнительности. Поэтому при осуществлении ПСО на землях запаса и перераспределения возникает необходимость обоснования соответствия новых естественных лесных насаждений таким требованиям. По Маракешскому соглашению, основными разделами проектной документации являются описание проекта, обоснование базовой и проектной линии, расчет ожидаемого сокращения выбросов и

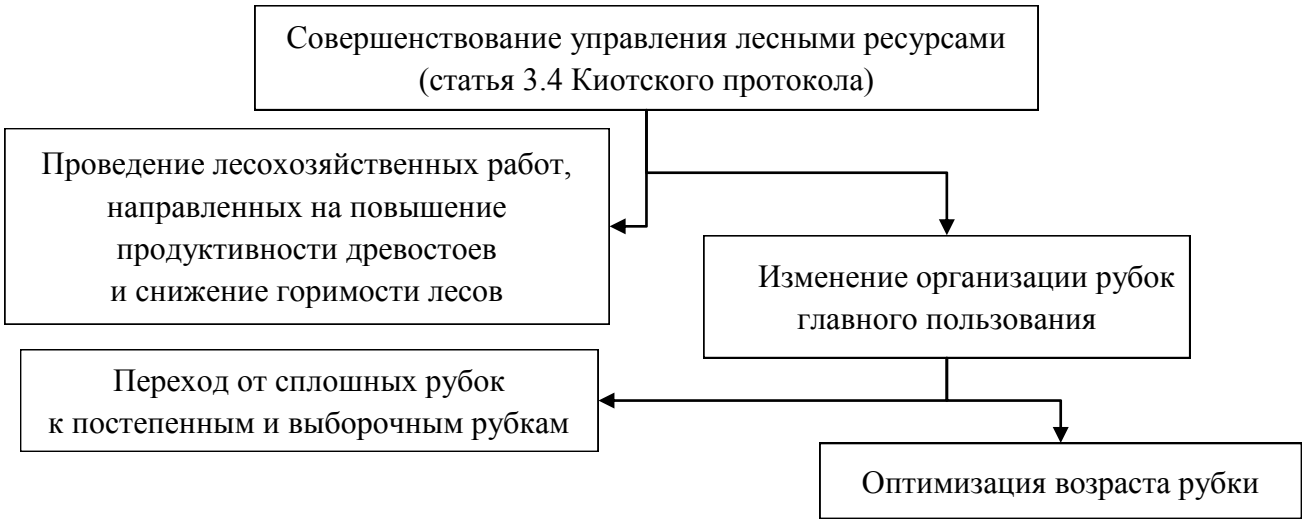


Рис. 2. Направления деятельности по статье 3.4 Киотского протокола, обеспечивающие накопление углерода в лесных экосистемах

оценка их дополнительности, а также план мониторинга. Кроме того, в состав проектной документации в обязательном порядке включается оценка воздействия на окружающую среду, заключение экологической экспертизы и комментарии заинтересованных сторон по итогам общественного обсуждения или общественных слушаний по проекту.

Базовая линия представляет собой наиболее вероятный сценарий того, какими были бы выбросы в отсутствие проекта. ***Проектная линия*** характеризует ожидаемые выбросы в случае реализации проекта. Сравнение выбросов по этим двум сценариям дает оценку сокращений выбросов по проекту. Согласно статье 6 Киотского протокола, основное требование к ПСО состоит в том, что он должен приводить к ***дополнительному*** сокращению выбросов по сравнению с тем, что имело бы место в противном случае. Реализация проекта должна способствовать увеличению депонирования углерода по сравнению с тем вариантом, который был бы без его осуществления. Учет дополнительности ни в коем случае не должен приводить к вырубке леса на других территориях. Проект дает четкое обоснование, что проводимые мероприятия не связаны с обычной практикой ведения лесного хозяйства. Посадки не должны входить в общий план лесокультурных мероприятий в регионе и лесхозе. Дополнительность должна отвечать ряду определенных требований. Она должна способствовать увеличению депонирования углеродом по сравнению с тем вариантом, который был бы без осуществления проекта (Курбанов, 2007).

Другой основной показатель, который необходимо учитывать при составлении проекта, это ***утечка*** – «чистое изменение антропогенных эмиссий источников парниковых газов, которые происходят за рамками проекта и поддаются количественному определению».Утечка может произойти, если деятельность проекта по созданию лесных насаждений приводит к эмиссии или уменьшению депонирования углерода за пределами территориальных и временных границ проекта, направленного на создание углеродных кредитов.

Таким образом, если при составлении проекта правильно определить и учесть все составляющие трех основных показателей (дополнительность, базовая линия, утечка), то проект приобретет доверие со стороны спонсоров.

Самыми распространенными проектами по депонированию углерода лесными насаждениями в России стали посадки так называемых «киотских лесов», которые создаются на ранее

не покрытых лесом площадях (бывших землях сельскохозяйственного назначения). Официальное название этих лесов в документации Федерального агентства лесного хозяйства − углерододепонирующие насаждения. В 2008 году в программе создания киотских лесов принимали участие Республика Марий Эл, Брянская, Нижегородская, Омская, Оренбургская, Орловская, Саратовская и Ульяновская области (Валиуллина и др., 2010).

Большой интерес для проведения ПСО представляют бывшие под сельхозпользованием площади, зарастающие древесно-кустарниковой растительностью. Дополнительность перевода заросших «новым лесом» территорий обосновывается тем, что эти площади были выведены из эксплуатации и переведены в земли запаса, резервный фонд. Ранее они не были заняты лесом и не входили в состав лесного фонда. Осуществление проекта на заброшенных сельскохозяйственных землях, зарастающих древесно-кустарниковой растительностью, позволит учесть новые молодые леса, проводить надлежащий уход за этими насаждениями, что значительно повысит углерододепонирующую способность этих насаждений и их биологическое разнообразие, а также принесет гораздо меньше затрат, чем возвращение этих земель в сельскохозяйственный оборот.

Проведенные нами исследования в области накопления фитомассы «новых лесов» на территории Республики Марий Эл представлены преимущественно участками с преобладанием березы повислой (*Betula pendula*), с единичным присутствием под пологом ели европейской (*Picea abies*) и ивы козьей (*Salix caprea*), а также участками сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). При оценке фитомассы использовали выборочный метод (Усольцев, 2007; Курбанов, 2002), когда фракционируется и взвешивается лишь определенная часть деревьев, репрезентативная (типичная) по отношению к генеральной совокупности. Учет численности видов зарастающей древесной растительности проводили с июня по сентябрь в 2008 и 2009 годах на площадках 10х10 м, располагающихся на трансектах от опушек материнского леса до окончания распространения возобновившегося молодого леса. Для удобства проведения учетных работ эти площадки в свою очередь подразделялись на участки по 0,025 м^2. На каждой площадке детально учитывалась каждая порода: хвойные старше 2 лет, мягколиственные старше 1 года. Для каждой породы определялись высота и диаметр у основания стволика. Все данные по выборке древесных растений каждого вида распределялись по группам высот с кратностью 1 м (0,5-1,5; 1,6-2,5; 2,6-3,5 и т.д.). Пропорционально распределению молодых древесных растений по группам высот отбирались модельные деревья для определения надземной фитомассы путем непосредственного взвешивания в полевых условиях, а также влажности (в лаборатории) отдельных их компонентов: вершинка, середина, основание стволика и кроны (ветви, хвоя или листья). Возраст дерева определяли по годичным кольцам для березы и по мутовкам для сосны.

На каждой трансекте (три на каждой ПП) число модельных деревьев составляло в среднем не менее 15-20 штук. В лабораторных условиях массу модельных деревьев пересчитывали с учетом влажности экспериментальных образцов (навесок и секторов стволика) в абсолютно сухую массу. Далее при помощи регрессионных уравнений зависимости полученные данные модельных деревьев пересчитывали в надземную фитомассу всех деревьев для исследуемых участков трансект. Исследования были проведены таким образом, чтобы максимально учесть густоту и пространственное распределение кустарниково-древесной растительности (КДР). Все полученные данные по абсолютно сухой массе на 1 га пересчитывались на массу углеро-

да (С) через коэффициент 0,5, который принимается большинством исследователей и рекомендован IPCC.

Результаты

В работе были изучены и описаны 44 пробные площади для сосновых и березовых насаждений. За основу критерия «базовой линии» берутся запасы надземной фитомассы (углерода) растительности, произрастающей на данной территории. Так, в случае использования таких земель под сельхозпользование накопление углерода будет иметь краткосрочный волновой характер, достигая своего пика 0,5 $тС^{-1}$ в момент созревания урожая и резко снижаясь после его сбора, что совсем не приемлемо для реализации Киотского протокола (Мошкина, 2009). Между тем наши исследования показывают, что на участках, зарастающих сосной, в возрасте 10 лет насаждение депонирует от 5 тС $га^{-1}$, а березовое к 7 годам − от 3,5 тС $га^{-1}$. Эти данные свидетельствуют о высоком потенциале исследуемых земель для включения их в проекты киотских лесов.

Утечка при создании ПСО на землях, бывших под сельхозпользованием, будет минимальной и иметь локальный характер в связи с возможными рубками для выравнивания границ участка или рубками ухода и пожарами.

Региональная оценка накопления фитомассы «новыми лесами» на выведенных из эксплуатации сельскохозяйственных территориях РФ позволит повысить точность расчетов депонированного углерода. В свою очередь такая точная оценка может значительно повысить доверие к проектам киотских лесов и облегчит составление проектной документации, а также проведение дальнейшего мониторинга и сертификации специальных единиц сокращения выбросов.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что зарастающие древесно-кустарниковой растительностью земли запаса и перераспределения являются важными потенциальными объектами, соответствующими требованиям проектов Киотского протокола (дополнительности, базовой линии, утечки). В последние годы заросшие участки не представляют интереса для сельского хозяйства, но они не включены в лесной фонд России. Действие Киотского протокола заканчивается в декабре 2012 года. После этого появится возможность по-новому рассмотреть возможность использования брошенных земель, зарастающих лесной растительностью, под углерододепонирующие насаждения. В связи с этим подобные исследования должны способствовать принятию решений, имеющих отношение к включению зарастающих угодий в посткиотские соглашения по снижению эмиссий парниковых газов.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838 «Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. *Грабб, М.* Киотский протокол. Анализ и интерпретация / М. Грабб, К. Вролик, Д. Брэк; пер. с англ.; ред. русского издания Л. Скуратовская, А. Кокорин. – М.: Наука, 2001. – 303 с.

2. Joint implementation projects overview [Электронный ресурс] / Retrieved 15 July, 2008. − URL: http://ji.unfccc.int/ji_projects

3. *Луговая, Д.* Пилотные проекты совместного осуществления в лесном хозяйстве России [Электронный ресурс] / Дарья Луговая // Устойчивое лесопользование. – 2008. − №3(19). – URL: http://www.wwf.ru/data/publ_period/forest_mag19/19_2008.pdf

4. *Курбанов, Э.А.* Углерододепонирующие насаждения Киотского протокола / Э.А. Курбанов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 183 с.

5. *Мошкина, Л.С.* Проекты «Киотский лес» в лесном хозяйстве / Л.С. Мошкина // Научному прогрессу – творчество молодых: сборник материалов Международной научной студенческой конференции по естественно-научным и техническим дисциплинам: в 3 ч. – Ч. 3. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – С.123-124.

6. *Валиуллина, Р.Р.* Оценка углерододепонирующих лесных насаждений на соответствие Киотским соглашениям / Р.Р.Валиуллина, Т.Л.Александрова, Н.С.Смоленцева // Научному прогрессу – творчество молодых: сборник материалов Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 16-17 апреля 2010 г.): в 3 ч. – Ч. 2. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. – С. 307-308.

7. Оценка базовой линии Киотских лесов по фитомассе древесной растительности в Республике Марий Эл / Л.С. Мошкина, Е.Н. Кропинова, Т.Л. Александрова, Е.С. Софронова // Международное сотрудничество в лесном секторе: баланс образования, науки и производства: материалы международной конференции. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2009. – С.176-179.

8. FCCC [Электронный ресурс] / AIJprojects. − 2000. − URL:www.unfccc.de/program/aij/aijproj.html

УДК 630*583

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

С. А. Незамаев, Е. В. Новокшонова
Марийский государственный технический университет

TO THE QUESTION OF SATELLITE DATA APPLICATION FOR ESTIMATION OF FOREST ECOSYSTEMS

S. A. Nezamaev, E. V. Novokshonova
Mari State Technical University

В настоящее время леса занимают около трети поверхности суши Земли Их общая площадь, включая редколесья и леса паркового типа, составляет 3952 млн га. Суммарная мировая биомасса лесов составляет примерно 486 млрд т, причем 55-60 % приходится на тропические леса, а 14-15 % – северные хвойные леса (Россия, Канада и США) (FAO, 2009). Ведение лесного хозяйства, как и другая деятельность человека, приводит к обязательным изменениям в лесных экосистемах. Поэтому мировое сообщество в рамках нескольких международных процессов (Конференция ООН по окружающей среде и развитию, Монреальский процесс, Хельсинкский процесс) разрабатывает специальные критерии и индикаторы устойчивого управления лесами, которые позволяют странам-участницам соблюдать единообразие в проведении мониторинга, служат инструментом оценки состояния лесов и составления национальных докладов о тенденциях и прогрессе в области устойчивого управления лесами (Перелет, 2003).

Мониторинг различных экосистем – это комплексная система наблюдений за их состоянием, оценка и прогноз изменений их состояния под воздействием природных и антропогенных факторов. Важнейшим условием мониторинга лесных экосистем является наличие полной и качественной информации о лесных ресурсах на всех уровнях: арендного участка, хозяйственной единицы, региона и страны в целом. Мониторинг можно проводить с помощью сети стационарных пунктов, однако наблюдения на отдельных точках или профилях не всегда отражают пространственные изменения. Поэтому использование аэро- и спутниковых снимков, данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является необходимым условием

проведения регулярных наблюдений за современных состоянием экосистем (Лабутина и Балдина, 2011). С запуском первого спутника Landsat для наблюдения за земной поверхностью в гражданских целях в 1972 г. ДЗЗ с помощью сканерных спектрозональных изображений, стало свободно использоваться для сбора информации о лесных экосистемах. Физической основой использования дистанционной информации при изучении лесного покрова является знание особенностей спектрального отражения различными компонентами лесных экосистем, а также связей между типами трансформаций лесного покрова и изменениями их отражательных свойств (Iverson et al., 1989). В настоящее время проводится множество исследований в области мониторинга и оценки лесных насаждений, основанных на использовании мультивременных данных ДЗЗ как на региональном, так и на глобальном уровне (Wang et al., 2009).

***Картографирование лесов* (*Mapping of forests*)**. Картографирование лесных экосистем предусматривает получение информации о пространственном распределении различных категорий земель, породно-возрастной структуре и других характеристиках лесов. Карты создаются на основе дистанционной мультиспектральной разновременной спутниковой съемки и полевых измерений ландшафтного покрова, привязанных к единой географической системе координат. Известны два типа классификации (Iverson et al., 1989): контролируемая (supervised) и неконтролируемая (unsupervised). Методы контролируемой классификации учитывают априорную информацию о типах наземных объектов и эталонных значениях их спектральных характеристик. Методы неконтролируемой классификации, чаще называемые алгоритмами кластеризации, которые целесообразнее применять при отсутствии априорной информации об объекте съемки, позволяют выделять контуры с неконтрастной по спектральной яркости структурой, например растительность, открытые почвы, вода, облака и другие. Тематическая карта, полученная неуправляемой классификацией, более объективно отражает близкие по значениям дешифровочных признаков группы объектов, чем при контролируемой классификации, так как кластеры определяются автоматически. В связи с этим желательно использование алгоритмов неконтролируемой классификации совместно с контролируемой для повышения качества дешифрирования данных ДЗЗ (Зубков, Скрипачев, 2007). Совершенствование методических принципов тематического картографирования опирается на развитие источников пространственной информации, средств и методов их оперативного количественного анализа (Козлов, 2006).

Определение изменений на лесных участках (Change Detection of forest)

Применение космических материалов при проведении мониторинга сводится к сопоставлению разновременных данных для выявления как кратковременных, так и многолетних изменений. Своевременное и точное обнаружение изменений ландшафта (land cover) и в землепользовании (land use) является крайне важным для понимания взаимоотношений между человеческой деятельностью и природными биофизическими процессами (Narumalani et al., 2004). Существует множество технологий для определения изменений в землепользовании посредством ДЗЗ − от простых визуальных сравнений до подробных детализированных количественных подходов (Wickware, Howarth, 1981; Forkuor, Cofie, 2011). Базовая методика для оценки ландшафта достаточно проста: два или более спутниковых снимков одного и того же района, предпочтительно сделанные в один и тот же фенологический период, но в разные годы, сравниваются, чтобы выявить конкретные географические изменения. Например, G. Forkuor по данным со спутника Landsat за период 1974-2000 гг. в Фритауне (западная Африка), где проблема нехватки лесных ресурсов связана с экстремальным перенаселением и

потерей продуктивных земель под общественные и промышленные застройки, установил, что за исследуемый период количество застроек увеличилось на 140 % и оказало негативный эффект на лесные ресурсы путем увеличения сельскохозяйственных земель в ущерб лесным (Forkuor, Cofie, 2011).

Нелегальная вырубка лесов является главной экономической проблемой сохранения биоразнообразия и окружающей среды и в некоторых странах (Индонезия, Центральная Африка, Бразильская Амазония) превышает показатели легальной заготовки древесины. Поэтому в последнее время многие правительственные и неправительственные организации уделяют большое внимание мониторингу лесов и лесовозобновления как на локальном, так и на региональном уровне (Kanowski, 1997).

Оценка лесной сукцессии (Estimation of forest succession)

В последние годы изучение сукцессии растительного покрова по спутниковым снимкам является одним из наиболее распространённых (Pussa et al., 2005; Schroeder et al., 2006; Zhou et al., 2009; Курбанов, Воробьев, 2008). Методы изучения пространственной и временной структуры лесных сукцессий основывается на спектральных показателях растительности по двум и более спутниковым изображениям. Особым пунктом вопроса смены лесных сукцессий является угроза исчезновения биоразнообразия, вызванная изменением в распределении растений вследствие фрагментации, деградации и гибели лесных экосистем. Поэтому государства разрабатывают национальные стратегии и планы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия, интегрируя их в более широкие национальные планы в области охраны окружающей среды и развития (Конвенция о биологическом разнообразии, 1993). Например, в США служба национальных парков (National Park Service, NPS) учредила в 1994 г. программу долгосрочного экологического мониторинга своих национальных парков с целью разработки методов предоставления информации для поддержки принятия управленческих решений по природным ресурсам. Национальные парки Канады также находятся под угрозой из-за различных внутренних и внешних факторов, главным из которых является фрагментация лесов. Результаты работы N. Soverel, связанные с характеристикой лесов в национальных парках Канады с помощью продукта «мониторинг Земли для устойчивого развития лесов», свидетельствуют о большей фрагментированности лесов внутри границ национальных парков, чем на непосредственно прилегающих лесных участках (Soverel et al., 2010).

Оценка структуры насаждений (Assessment of stand structure)

Количественные оценки биофизических параметров лесных насаждений применяются для характеристик лесного покрова, плотности, диаметров, высот и возрастов деревьев, площадей основания, индекса листовой поверхности и других. Данная оценка ориентирована на получение сведений, необходимых в качестве входных параметров в моделях процессов энергомассообмена в системе лес−атмосфера и углеродного цикла. Метод оценки представляет собой набор необходимых показателей структуры леса по данным ДЗЗ с дальнейшим определением статистической связи полученных спектральных и наземных данных (Lu et al., 2004).

Оценка нарушений (Assessment of forest disturbance)

Важным элементом мониторинга лесных экосистем являются исследования различных нарушений, связанных с последствиями промышленных рубок, пожарами, вспышками массового размножения насекомых вредителей и различных катастроф. Под нарушением понимается любое событие, приводящее к разрушению лесной экосистемы в целом или ее части, к изменению структуры леса или видового состава, к изменению физической среды, сниже-

нию продуктивности или доступности лесных ресурсов (Карпачевский и др., 2009). Помимо рубок сильнейшими фактором нарушения лесных экосистем являются пожары и ущерб насекомых вредителей. Выявление нарушений в лесах по данным ДЗЗ основывается на использовании различных подходов: дешифрировании поврежденных участков по изменениям их отражательных свойств, расчете среднего значения и стандартного отклонения яркостей пикселей разновременного набора данных, на дешифрировании очагов горения по аномально высокой температуре (Егоров, 2004; Fraser and Latifovic, 2004).

Оценка физиологических параметров (Assessment of physiological parameters)

Сезонные закономерности в способности листвы растений пропускать, поглощать и отражать солнечное излучение лежат в основе методов дистанционной индикации физиологического состояния растительности. При этом широко применяются спектральные вегетационные индексы (СВИ), такие как нормализованный (SVI), простое соотношение (RS), нормализованный относительный (NDVI) и нормализованный относительный скорректированный (NDVIc), которые являются полезными в прогнозировании изменений перечисленных процессов (Nemani et al., 1993; Gillespie et al., 2009).

Оценка продуктивности лесов (Assessment of forest productivity)

Фитомасса лесного фонда – ключевой компонент природного углеродного цикла (Skole, Tucker, 1993). Оценка надземной фитомассы является необходимой для изучения продуктивности, углеродных циклов, распределения питательного вещества и накопления топлива в наземных экосистемах. В четвертом докладе об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) было подчеркнуто, что углерододепонирование является ключевой ролью лесов в вопросе смягчения последствий глобального изменения климата (Nabuurs, Masera, 2007). Зарубежные авторы в своих работах о продуктивности лесов опираются на понятия общей (или валовой) первичной продуктивности (gross primary productivity − GPP) и сети первичной продуктивности (net primary productivity). Последние исследования в области оценки GPP демонстрируют потенциал данных ДЗЗ с линейным увеличением точности моделей фотосинтетической активности растительности в результате развития инновационных алгоритмов, принимающих во внимание все преимущества современных оптических сенсоров, что позволяет более точно оценивать GPP (Wu et al., 2009).

При нынешнем глобальном потеплении климата, потере биоразнообразия, деградации окружающей среды и росте потребности в лесной продукции точный мониторинг и оценка состояния лесов по данным ДЗЗ играют ключевую роль для целей устойчивого развития лесного сектора. Необходимость новых исследований и методик анализа обусловлена необходимостью более эффективного использования возрастающего разнообразия и комплексности данных ДЗЗ с различных спутников.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы ГК № 02.740.11.5202 Министерства образования и науки Российской Федерации «Региональная оценка методов картирования растительного покрова по спутниковым снимкам» и ГК № 02.740.11.0838 «Разработка и реализация алгоритмов передачи, обработки и анализа данных дистанционного зондирования лесных покровов для автоматических расчетов фитомассы растительности и пулов углерода».

Библиографический список

1. *Егоров, В.А.* Алгоритм детектирования и оценки площадей повреждённой пожарами растительности по данным SPOT-Vegetation / В.А. Егоров, С.А. Барталев, Е.А. Лупян // Геоинформатика: сборник международной научно-технической конференции, посвященной 225-летию МИИГАиК. − М., 2004. – С. 199-204.
2. *Зубков, И.А.* Применение алгоритмов неконтролируемой классификации при обработке данных ДЗЗ / И.А. Зубков, В.О. Скрипачев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. − М.: ИКИ РАН, 2007. − Т. 4. – С. 57-62.
3. Основы устойчивого лесоуправления: учеб. пособие для вузов / М.Л. Карпачевский, В.К. Тепляков, Т.О. Яницкая, А.Ю. Ярошенко // Всемирный фонд дикой природы (WWF). – М., 2009. – 143 с.
4. Классификатор тематических задач оценки природных ресурсов и окружающей среды, решаемых с использованием материалов дистанционного зондирования Земли. − Иркутск: ООО «Байкальский центр», 2008. – 80 с.
5. *Козлов, Д.Н.* Инвентаризация ландшафтного покрова методами пространственного анализа для целей ландшафтного планирования / Д.Н. Козлов // Ландшафтное планирование: общие основания. Методология, технология: труды международной школы-конференции «Ландшафтное планирование». − М.: Географический факультет МГУ, 2006. – С. 117-137.
6. Конвенция о биологическом разнообразии: Принята на Конф. ООН по окруж. среде и развитию (3-14 июня 1992 г.) // United Nations, Treaty Series. – 1993. − Vol. 1760, № 30619. – С. 199-225.
7. *Курбанов, Э.А.* Пространственное распределение крупного древесного детрита в сосняках Марийского Заволжья / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев // Экология. – 2008. – № 2. – С. 103-109.
8. *Лабутина, И.А.* Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ: методическое пособие / И.А. Лабутина, Е.А. Балдина // Всемирный фонд дикой природы (WWF России). Проект ПРООН/ГЭФ/МКИ «Сохранение биоразнообразия в российской части Алтае-Саянского экорегиона». – М., 2011. – 88 с.
9. *Перелет, Р.А.* Переход к эре устойчивого развития? / Р.А. Перелет // Россия в окружающем мире: 2003 (Аналитический ежегодник). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. – С. 10-31.
10. Using dual-polarized ALOS PALSAR data for detecting new fronts of deforestation in the Brazilian Amazonia / R. Almeida-Filho, Y.E. Shimabukuro, A. Rosenqvist, G.A. Sanchez // International Journal of Remote Sensing. – 2009. − Vol. 30, № 14. – P. 3735-3743.
11. FAO, 2009. State of the world's forests 2009 / Food and Agriculture Organization of the United Nations. − Rome, 2009. – 168 p.
12. *Forkuor, G.* Dynamics of land-use and land-cover change in Freetown, Sierra Leone and its effects on urban and peri-urban agriculture – a remote sensing approach / G. Forkuor, O. Cofie // International Journal of Remote Sensing. – 2011. − Vol. 32, № 4. – P. 1017-1037.
13. *Fraser, R.H.* Mapping insect-induced tree defoliation and mortality using coarse spatial Resolution Satellite Imagery / R.H. Fraser, R. Latifovic // International Journal of Remote Sensing. – 2005. − Vol. 26, No. 1. – P.193-200.
14. Towards quantifying tropical tree species richness in tropical forests / T.W. Gillespie, S. Saatchi, S. Pau et al. // International Journal of Remote Sensing. – 2009. − Vol. 30, № 6. – P. 1629-1634.
15. *Iverson, L.R.* Applications of satellite remote sensing to forested ecosystems / L.R. Iverson, R.L. Graham, E.A. Cook // Landscape Ecology. – 1989. – Vol. 3, № 2. – P. 131-143.
16. *Kanowski, P.J.* Afforestation and plantation forestry Plantation forestry for the 21st century / P.J. Kanowski // 11 World Forestry Congress. – 1997. − Vol. 3. – P.23-34.
17. *Lu, D.* Change detection techniques / Dengsheng Lu, Paul Mausel, Eduardo Brondızio, Emilio Moran // International Journal of Remote Sensing. – 2004. − Vol. 25, № 12. – P. 2365-2407.
18. *Nabuurs, G.J.* Climate change 2007: Mitigation of climate change (chapter 9: Forestry) / G.J. Nabuurs, O. Masera: Edited by Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. − Cambridge University Press, New York, 2007. – P. 541-684.
19. *Narumalani, S.* Change detection and landscape metrics for inferring anthropogenic processes in the greater EFMO area / S. Narumalani, D.R. Mishra, R.G. Rothwell // Remote Sensing of Environment. – 2004. − Vol. 91. – P. 478-489.
20. Forest ecosystem processes at the watershed scale: Sensitivity to remotely sensed leaf area index estimates / R. Nemani, L. Pierce, S. W. Running, L. Band // International Journal of Remote Sensing. – 1993. − Vol. 14. – P. 2519-2534.
21. *Pussa, K.* The effects of successional age and forest site type on radiance of forest clear-cut communities / K. Pussa, J. Liira, U. Peterson // Scandinavian Journal of Forest Research. – 2005. − Vol. 20. – P. 79-87.
22. *Skole, D.* Tropical Deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Satellite Data from 1978 to 1988 / D. Skole, C. Tucker // Science. – 1993. – Vol. 260. – P. 1905-1909.
23. Characterizing the forest fragmentation of Canada's national parks / N.O. Soverel, N.C. Coops, J.C. White, M.A. Wulder // Environ Monit Assess. – 2010. − Vol. 164. – P. 481-499.

В оглавление

24. *Wang, L.* Land cover change detection with a cross-correlogram spectral matching algorithm / Le Wang, Jin Chen, Peng Gong, Hiroto Shimazaki, Masayuki Tamura // International Journal of Remote Sensing. – 2009. −Vol. 30, № 12. – P. 3259-3273.

25. Estimation of the gross primary production of an old-growth temperate mixed forest using eddy covariance and remote sensing / J.B. Wu, X.M. Xiao, D.X. Guan et al. // International Journal of Remote Sensing. – 2009. − Vol. 30, № 2. – P. 463-479.

26. *Wickware, G.M.* Change detection in the Peace-Athabasca delta using digital Landsat data / G.M. Wickware, P.J. Howarth // Remote Sensing of Environment. – 1981. − Vol. 11. – P. 9-25.

27. *Zhao, D.* A comparative analysis of broadband and narrowband derived vegetation indices in predicting LAI and CCD of a cotton canopy / Dehua Zhao, Liangmei Huang, Jianlong Li, Jiaguo Qi // ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing. – 2007. − Vol. 62. – P. 25-33.

28. *Zhou, X.* Analysis and optimization of NDVI definitions and areal fraction models in remote sensing of vegetation / X. Zhou, H. Guan, H. Xie, J. L. Wilson // International Journal of Remote Sensing. – 2009. − Vol. 30, № 3. – P. 721-751.

УДК 630*561.24 (470.343)

ФАКТОРЫ ДИНАМИКИ ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА В ВЫСОТУ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Ю. П. Демаков[1], А. В. Иванов[1], М. Г. Сафин[2]
[1] Марийский государственный технический университет
[2] Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»

DYNAMICS FACTORS OF ANNUAL HEIGHT INCREMENT IN PINE STANDS OF MARI EL

Yu. P. Demakov[1], A.V. Ivanov[1], M.G. Safin[2]
[1] Mari State Technical University
[2] State Nature Reserve «Big Kokshaga»

Введение. Одной из важнейших задач современного лесоведения является выявление факторов, определяющих продуктивность и динамику прироста древостоев. Наиболее надежным и эффективным способом ее решения является дендрохронологический анализ [2, 3, 7, 12]. В большинстве случаев исследователи анализируют динамику радиального прироста деревьев [2-5, 7]. Работ же по динамике прироста деревьев в высоту значительно меньше [1, 6, 8-10].

Целью работы являлась оценка влияния флуктуаций климата, возраста и густоты древостоев на величину годичного прироста в высоту деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в различных типах лесорастительных условий Республики Марий Эл.

Теоретические подходы к решению задачи. Решение данной задачи представляется, на первый взгляд, довольно простым и может быть осуществлено с помощью множественного регрессионного или факторного анализа. При более глубоком анализе выявляется, однако, ряд деталей, существенным образом усложняющих задачу и требующих нетривиальных подходов. Так, во-первых, изменение величины годичного прироста деревьев под влиянием флуктуаций климата явно будет нелинейным, имеющим точку оптимума, соответствующую определенному значению того или иного метеорологического фактора. В случае оценки влияния двух независимых переменных параболическое уравнение второй степени будет иметь шесть параметров, а при оценке трех переменных – уже 10. Это накладывает определенные

ограничения на длину временных рядов, которая должна быть в 2-3 раза больше, чем число параметров уравнения. Во-вторых, задача усложняется поиском не только вида метеорологического фактора (температура, сумма осадков, ГТК, продолжительность солнечного сияния и т.д.), наиболее сильно влияющего на величину годичного прироста деревьев, но и времени его воздействия (месяц или сезон года). Можно, конечно, априори ограничить число переменных, логически отобрав наиболее важные из них, однако это не гарантирует правильности выбора, т.к. физиологические процессы у деревьев, оказывающие влияние на годичный прирост, протекают в течение всего года, в том числе и в зимний период [11]. В-третьих, определенное влияние на величину климатического отклика деревьев может оказывать их возраст, что связано как с особенностями протекания физиологических процессов у молодых и старых растений, так и со степенью развития и глубиной проникновения корневых систем. В-четвертых, задача усложняется наличием инерционности ответных реакций деревьев на изменения условий среды (после климатогенного стресса деревья не могут сразу дать прирост, адекватный сложившимся благоприятным погодным условиям) и неоднородностью ценопопуляций древесных растений, различающихся по величине отклика на флуктуации климата [4-5]. Всё изложенное свидетельствует о том, что данная задача относится к разряду весьма трудноразрешимых с позиций традиционных методов математической статистики.

Объекты и методика. Объектами исследования являлись сосновые древостои естественного и искусственного происхождения разной густоты и возраста, произрастающие в различных лесорастительных условиях Республики Марий Эл. Измерение годичного прироста в высоту проведено на 32 пробных площадях у 456 срубленных модельных деревьев, выбранных из центральных ступеней толщины и не имеющих каких-либо дефектов ствола. Для оценки влияния колебаний метеорологических параметров (температуры воздуха, суммы осадков, упругости водяного пара и продолжительности солнечного сияния) были использованы ряды среднемесячных данных по ГМС «Йошкар-Ола» за период с 1926 по 2009 год. Цифровой материал обработан на ПК с использованием пакетов прикладных программ Excel и Statistica, позволивших провести расчет статистических показателей, а также дисперсионный, корреляционный, регрессионный, кластерный и спектральный анализ общепринятыми методами математической статистики.

Результаты и обсуждение. Анализ полученных данных показал, что величина годичного прироста в высоту у деревьев сосны варьирует в очень больших пределах (табл. 1), что свидетельствует о высокой чувствительности данной породы к флуктуациям условий среды обитания и больших ее адаптационных возможностях. Средняя величина годичного прироста,

Таблица 1

Параметры изменчивости годичного прироста деревьев сосны в высоту в различных типах лесорастительных условий Республики Марий Эл (фрагмент выборки)

ТЛУ	Объем выборки*	Возрастной интервал,	Значения статистических показателей, см					
			M_x	min	max	S_x	m_x	V, %
A_1	11 / 220	4-28	25,8	9	52	9,0	0,61	34,9
A_2	12 / 240	4-60	38,5	6	71	12,1	0,78	31,4
A_5	55 / 1210	7-75	18,8	4	49	7,4	0,21	39,4
B_2	15 / 553	3-42	49,6	7	86	15,2	0,65	30,6
C_3	15 / 225	3-18	53,9	5	90	22,7	1,51	42,1

* перед чертой – число модельных деревьев, экз.; после черты – число годичных приростов, шт.

характеризующая успешность существования деревьев, наиболее велика в ТЛУ C_3, однако пределы колебаний значений показателя в разных ТЛУ перекрываются между собой.

Дисперсионный анализ показал (табл. 2), что основным источником вариации величины годичного прироста являются лесорастительные условия биотопов, а также «шумы», проявляющиеся в специфичности ответных реакций древостоев на колебания условий внешней среды. Доля влияния возраста древостоев и погодных условий невелика, хотя и достоверно значима.

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа годичного прироста древостоев сосны в высоту

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера		Доля влияния, %
				$F_{факт.}$	$F_{0,05}$	
Возраст и погодные условия лет	12575,06	11	1143,19	10,22	1,82	12,5
Лесорастительные условия биотопов	48312,19	32	1509,76	13,49	1,48	48,2
«Шум»	39391,48	352	111,91			39,3
Итого	100278,7	395				100,0

Факторами большой вариабельности годичного прироста являются не только условия среды, но и генотип деревьев (табл. 3), определяющий как энергию их роста, так и совершенно разную реакцию на внешние воздействия, которая проявляется в различии характера временных рядов, оцениваемого с помощью коэффициента корреляции (табл. 4).

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа годичного прироста в высоту деревьев в различных ТЛУ

ТЛУ	Фактор дисперсии и значения его параметров						
	Скорость роста деревьев			Возраст деревьев и погодные условия			Вклад «шума», %
	$F_{факт.}$	$F_{0,05}$	Вклад, %	$F_{факт.}$	$F_{0,05}$	Вклад, %	
A_1	4,29	1,88	5,2	31,58	1,64	72,0	22,8
A_2	3,86	1,83	5,7	25,68	1,64	66,0	28,3
A_5	11,70	1,35	32,4	8,69	1,57	9,4	58,2
B_2	5,26	1,71	9,7	8,24	1,48	33,5	56,9
C_3	2,21	1,74	2,7	67,04	1,74	80,5	16,8

Таблица 4

Параметры изменчивости значений коэффициента корреляции между рядами годичного прироста деревьев в разных биотопах

ТЛУ	Значения статистических показателей*							
	N_A	N_R	M_x	min	max	S_x	A	E
A_1	19	55	0,748	0,576	0,918	0,100	0,066	-1,090
A_2	22	231	0,692	0,337	0,915	0,120	-0,788	0,235
A_5	42	105	0,269	-0,296	0,612	0,215	-0,445	-0,129
B_2	38	105	0,367	-0,481	0,841	0,300	-0,817	0,128
C_3	16	105	0,837	0,604	0,974	0,091	-0,558	-0,531

*N_A – протяженность временных рядов, лет; N_R – число пар рядов (значений коэффициента корреляции).

Для оценки реакции деревьев на изменения условий среды, особенно на флуктуации климата, обычно используют индексы прироста, которые представляют собой отношение фактических значений годичного прироста к теоретическим, вычисленным по параметрам функции возрастного тренда. Установлено, что в ТЛУ A_5, соответствующих наиболее жестким условиям роста деревьев сосны, возрастной тренд выражен крайне слабо и имеет иную фор-

му, нежели в других ТЛУ (рис. 1), где для его аппроксимации лучше всего подходит функция «оптимума» $Y = X/(a \times X^2 + b \times X + c)$. Наиболее четко возрастной тренд выражен в ТЛУ C_3, где условия для роста деревьев особенно благоприятны.

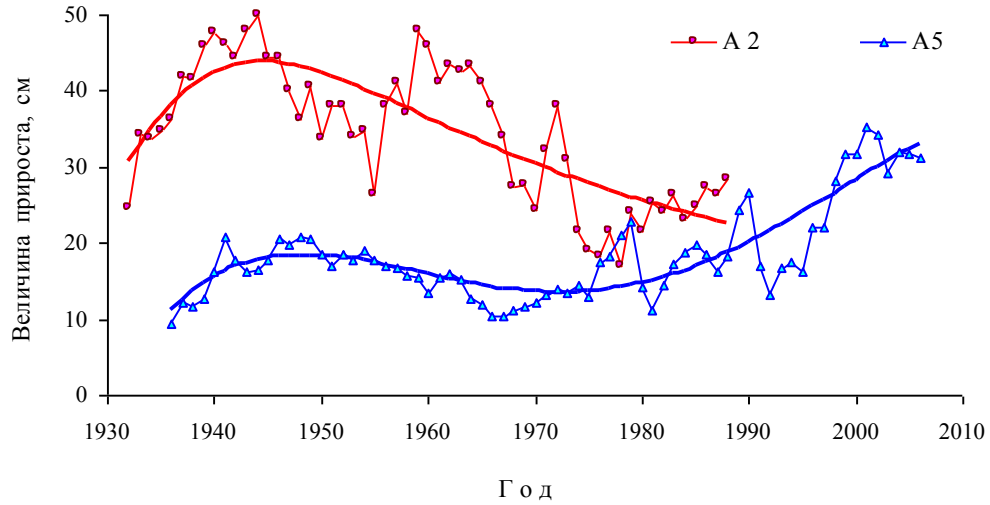


Рис. 1. Динамика годичного прироста в высоту древостоев сосны в свежих и заболоченных борах

Степень выраженности возрастного тренда у каждого дерева в биогеоценозе, как показали расчеты, различна (табл. 5), что свидетельствует о специфичности их ответных реакций на флуктуации климата. Величина индекса сводных рядов годичного прироста древостоев в высоту варьирует в очень больших пределах, особенно в ТЛУ A_5 (табл. 6). Характер динамики показателя в каждом ТЛУ сугубо специфичен: коэффициент корреляции между рядами изменяется от 0,612 до – 0,543 (табл. 7). Густота древостоев существенного влияния на характер ритмики их роста не оказывает (рис. 2).

Таблица 5

Вклад возраста деревьев в вариабельность величины их годичного прироста в высоту

ТЛУ	Значения коэффициента детерминации временных рядов годичного прироста				
	сводного ряда*	M_x	min	max	S_x
A_1	0,219	0,204	0,106	0,339	0,078
A_2	0,646	0,521	0,220	0,731	0,154
A_5	0,053	0,179	0,000	0,691	0,209
B_2	0,603	0,428	0,133	0,731	0,183
C_3	0,959	0,844	0,569	0,951	0,107

* Сводный ряд представляет собой средние арифметические значения прироста всех деревьев.

Таблица 6

Параметры изменчивости индексов сводных рядов годичного прироста древостоев сосны в высоту

Параметр	Значения статистических параметров в разных ТЛУ, %				
	A_1	A_2	A_5	B_2	C_3
Min	61,1	64,2	61,8	73,3	72,7
Max	129,2	129,6	159,0	143,8	135,6
S_x	15,9	16,8	17,6	14,8	15,1

Таблица 7

Связь между рядами индексов годичного прироста в высоту древостоев сосны в различных ТЛУ

ТЛУ	Значения коэффициента корреляции между рядами индексов прироста в разных ТЛУ				
	A_1	A_2	A_5	B_2	C_3
A_1	1,000				
A_2	-0,256	1,000			
A_5	0,196	-0,350	1,000		
B_2	0,207	-0,223	0,280	1,000	
C_3	0,327	-0,543	0,271	0,612	1,000

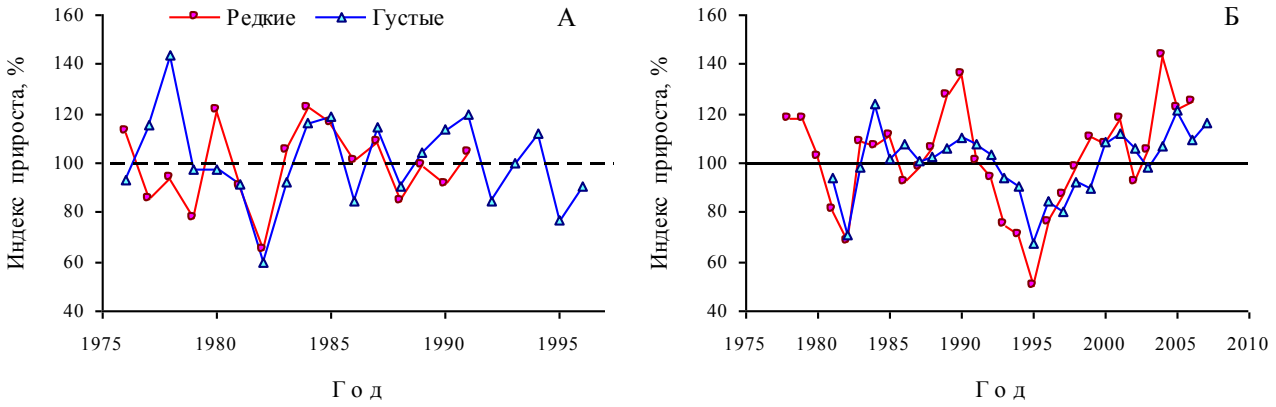


Рис. 2. Динамика индексов прироста сосняков разной густоты в сухом (А) и заболоченном (Б) борах

Спектральный анализ рядов динамики индекса годичного прироста древостоев показал наличие в них более или менее четко выраженных волновых составляющих, сугубо специфичных по своим параметрам для каждого ТЛУ (табл. 8). На отрезке с 1930 по 1990 год колебания величины индекса в ТЛУ A_2 и A_5, как показали расчеты, происходили асинхронно (рис. 2), что связано с особенностью реакций древостоев на изменения условий среды. В настоящее время в обоих ТЛУ отмечается фаза повышенного прироста деревьев.

Таблица 8

Параметры главной волновой компоненты в рядах индексов годичного прироста древостоев в высоту

ТЛУ	Значения параметров функции $Y = A \times \sin [2 \times p \times (X - 1930) / T + j] + 100$			
	A	T	j	R^2
A_2	17,04	24,0	-1,04	0,512
A_5	12,33	28,8	3,43	0,253

Какие же факторы вызывают ритмику роста деревьев, т.е. чередование периодов подъема и спада величины индексов их текущего годичного прироста (рис. 3)? Логически, одной из причин этого должны являться флуктуации метеорологических параметров. Результаты проведенных нами расчетов показали, однако, что влияние погодных условий предшествующего года на величину изменчивости индекса годичного прироста в каждом ТЛУ проявляется весьма слабо и сугубо специфично (табл. 9). Собственно говоря, при наличии асинхронности динамики индексов прироста деревьев внутри каждой ценопопуляции трудно ожидать иного.

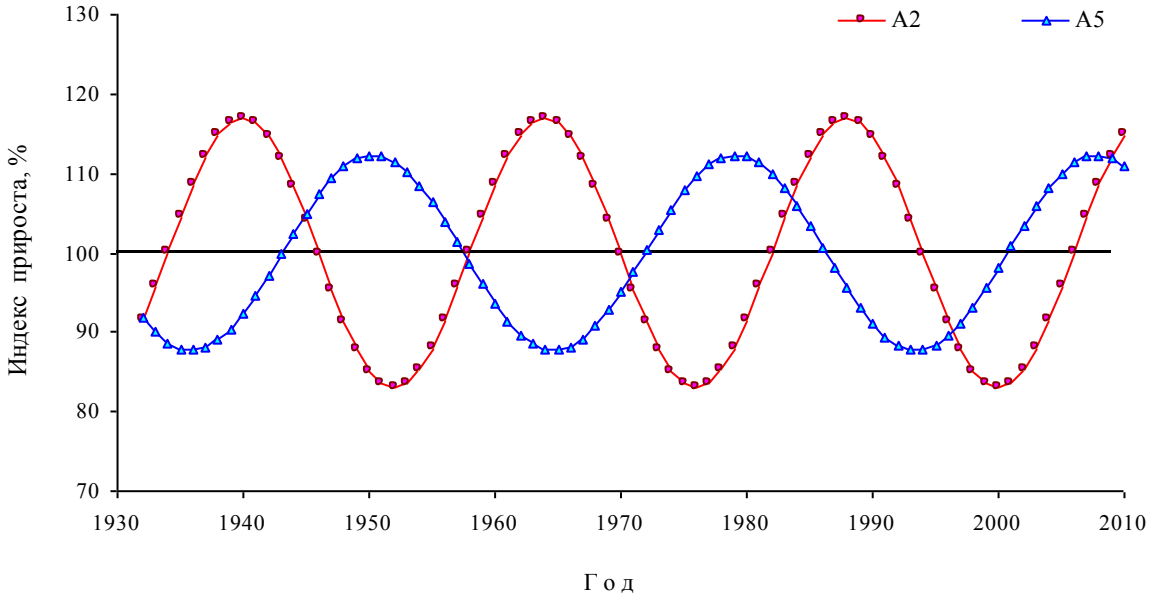


Рис. 3. Главная волновая компонента рядов индексов прироста сосняков в свежих и заболоченных борах

Таблица 9

Величина коэффициента детерминации полинома второй степени, описывающего связь между рядами индексов годичного прироста деревьев в высоту в разных биотопах с метеорологическими параметрами летних месяцев предыдущего года

Месяц года	Значения коэффициентов детерминации уравнения для разных ТЛУ				
	A_1	A_2	A_5	B_2	C_3
Средняя температура воздуха					
Май	0,248	0,019	0,012	0,108	0,209
Июнь	0,009	0,008	0,040	0,026	0,036
Июль	0,191	0,046	0,026	0,071	0,027
Август	0,231	0,008	0,010	0,076	0,107
Сумма осадков					
Май	0,026	0,070	0,219	0,023	0,343
Июнь	0,212	0,060	0,175	0,085	0,217
Июль	0,339	0,141	0,006	0,006	0,220
Август	0,207	0,049	0,018	0,014	0,423
Продолжительность солнечного сияния					
Май	0,057	0,032	0,027	0,099	0,023
Июнь	0,045	0,074	0,077	0,029	0,189
Июль	0,158	0,034	0,024	0,031	0,072
Август	0,016	0,062	0,043	0,115	0,144

Оказалось, что теснота и даже направленность (знак) связи между индексом прироста древостоя и метеофакторами не остаются постоянными во времени, а изменяются на коротких отрезках в очень больших пределах. Так, величина «скользящего» коэффициента корреляции между рядами значений показателей в заболоченных сосняках, вычисленного с лагом 11 лет и шагом скольжения 1 год, изменяется от -0,40 до +0,81 (рис. 4), что вполне объясняет противоречия, встречающиеся в литературных источниках [1, 6, 8, 9].

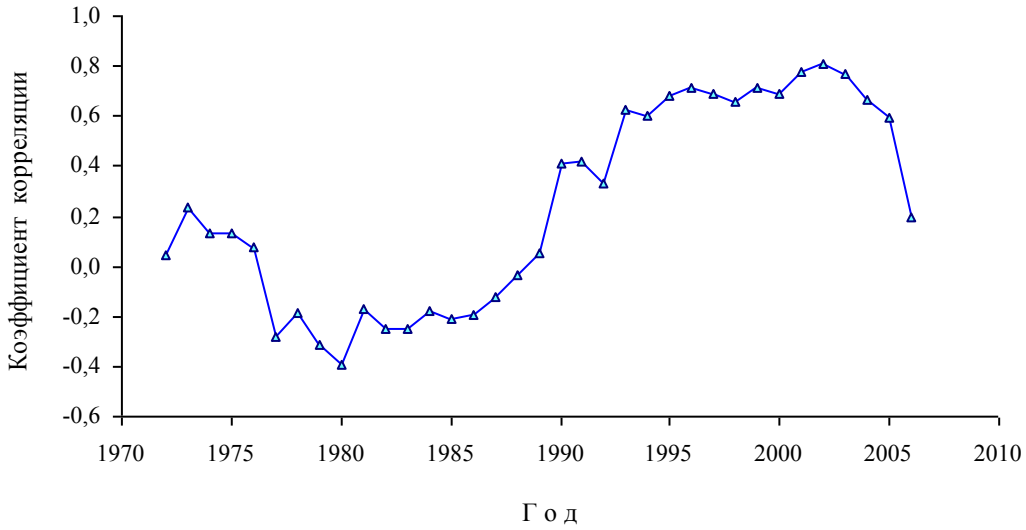


Рис. 4. Динамика значений «скользящего» коэффициента корреляции между рядами значений индекса прироста деревьев в заболоченных сосняках и средней температуры воздуха в июле-августе предыдущего года, вычисленных с лагом 11 лет и шагом скольжения 1 год.

Попробуем подойти к оценке влияния метеофакторов менее строго и рассмотрим характер их изменения при различных значениях индексов годичного прироста деревьев. Результаты расчетов показали, что высокие значения индексов прироста в ТЛУ A_2 отмечались при более теплой погоде в январе-феврале и более холодной в марте-апреле предыдущего и текущего года, а также при малом количестве осадков, выпавших в мае и июле предыдущего годов (табл. 10). В заболоченном бору увеличение значений индексов прироста происходило в тех случаях, когда температура воздуха в июне-июле предыдущего года была повышенная, в октябре и декабре, а также в апреле-мае текущего года − пониженная. Сумма осадков при этом в январе, мае, июле и сентябре предшествующего года, а также в апреле текущего, как правило, была небольшая, а в марте предыдущего, мае и июне текущего − повышенная. В ТЛУ B_2 высоким значениям индекса прироста предшествовали годы с теплой погодой в первую их половину и в августе. Погода же в июне текущего года, наоборот, стояла прохладная, а количество осадков, выпавших в июне предыдущего и текущего года, было повышенным. Существенных различий между значениями метеопоказателей остальных месяцев года, соответствующих разным значениям индексов прироста не обнаружено. Зависимость величины индекса прироста деревьев от совместного действия температуры воздуха за май-август и суммы осадков за январь-август предшествующего года носит нелинейный характер и выражена довольно слабо ($R^2 < 0,50$). Очевидно, при поиске корреляционных зависимостей годичного прироста с параметрами среды необходимо учитывать то обстоятельство, что величина ответной реакции деревьев на внешнее воздействие определяется не суммарным действием всех факторов, а, согласно правилу Либиха, лишь одного из них, который является в текущий момент времени лимитирующим. Выделить же его довольно сложно, т.к. и лимитирующие факторы могут меняться между собой местами не только в многолетнем плане, но и в течение одного года.

В заключение рассмотрим реакцию древостоев на погодные аномалии, которые отмечались в Республике Марий Эл в период с 1970 по 1990 годы. Начало аномалиям положила жесточайшая засуха 1972 года, признаки проявления которой стали отмечаться уже в апреле. В мае температура воздуха достигала 27-30°С; начало июня было умеренно теплым и характе-

Таблица 10

Средние значения метеорологических условий лет, соответствующих различной величине индекса годичного прироста деревьев

Значение индекса прироста, %	Средние значения показателей по месяцам																	
	предыдущего года												текущего года					
	янв	февр	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт	нояб	дек	янв.	февр	март	апр	май	июнь
Тип лесорастительных условий A_2 (свежий бор), средняя месячная температура воздуха, °С																		
>120	-11,8	-10,7	-8,0	2,5	12,4	16,4	18,8	15,6	9,4	2,8	-4,3	-9,2	-14,1	-11,5	-7,3	3,1	12,3	16,2
90-110	-13,2	-12,4	-6,4	3,9	11,4	16,4	18,4	16,7	10,7	3,4	-4,2	-10,5	-12,9	-12,6	-6,7	3,6	11,3	16,2
<80	-13,9	-14,4	-5,4	4,5	12,2	16,5	18,5	16,3	10,3	2,7	-3,3	-9,3	-13,2	-13,5	-5,2	4,6	12,1	16,8
Тип лесорастительных условий A_2 (свежий бор), месячная сумма осадков, мм																		
>120	25,6	20,8	19,9	20,9	36,8	60,1	60,2	52,3	57,9	42,8	40,5	34,7	27,4	30,2	17,2	21,7	43,7	32,7
90-110	30,6	19,0	18,7	39,0	40,8	62,1	66,6	52,5	47,2	60,4	41,2	32,4	27,8	18,7	20,1	40,9	43,2	65,5
<80	26,6	25,6	19,4	33,0	50,6	62,3	98,3	69,0	55,2	51,7	40,4	30,0	32,7	25,1	18,2	31,2	41,7	62,6
Тип лесорастительных условий A_5 (заболоченный бор), средняя месячная температура воздуха, °С																		
>120	-12,1	-11,8	-4,0	5,0	11,7	17,0	19,2	15,8	10,4	1,8	-4,2	-11,3	-12,3	-11,6	-4,4	3,6	11,2	15,4
90-110	-12,7	-11,8	-6,1	3,4	11,8	16,5	18,5	16,4	10,0	3,2	-4,1	-9,1	-13,2	-12,5	-6,2	4,0	11,8	16,5
<80	-12,2	-13,2	-5,0	4,8	12,1	16,3	17,4	15,4	10,3	3,6	-4,4	-8,9	-11,6	-11,8	-4,4	5,0	12,5	16,7
Тип лесорастительных условий A_5 (заболоченный бор), месячная сумма осадков, мм																		
>120	24,1	21,9	25,1	21,9	41,5	82,7	72,8	74,4	51,1	54,1	38,5	38,1	36,0	29,5	27,1	28,9	53,4	71,0
90-110	32,8	21,7	22,7	38,4	41,2	60,7	73,4	55,1	52,4	50,2	36,7	30,4	26,2	19,9	23,9	32,8	42,2	59,7
<80	34,9	26,4	19,6	36,5	49,8	52,0	89,3	67,8	64,8	55,3	41,4	34,9	38,1	33,0	27,0	33,5	36,7	48,3
Тип лесорастительных условий B_2 (свежая суборь), средняя месячная температура воздуха, °С																		
>120	-10,8	-9,7	-5,4	4,3	13,4	17,5	18,8	16,4	10,2	3,0	-4,3	-7,6	-9,4	-12,1	-5,8	3,9	11,6	15,0
90-110	-12,7	-11,9	-5,2	4,3	11,9	16,2	18,3	16,1	9,6	3,0	-3,8	-10,1	-14,0	-11,6	-5,5	4,4	12,4	16,7
<80	-15,6	-14,8	-7,4	3,2	11,8	16,6	18,4	15,8	10,3	2,9	-4,8	-8,4	-13,4	-12,6	-6,2	3,6	12,1	17,0
Тип лесорастительных условий B_2 (свежая суборь), месячная сумма осадков, мм																		
>120	14,9	23,3	37,1	33,2	23,8	67,2	86,3	51,4	43,8	34,0	36,6	41,1	30,9	25,5	20,0	11,9	61,7	91,2
90-110	34,9	28,4	23,4	30,0	42,4	58,7	87,7	62,6	51,6	58,5	48,2	36,6	31,0	24,5	25,0	37,1	34,5	57,7
<80	31,5	18,8	12,7	39,3	48,9	50,3	66,6	48,7	64,1	36,7	39,0	35,7	34,6	33,3	18,4	31,4	49,4	43,1

В оглавление

ризовалось выпадением значительного количества осадков, что несколько снизило напряженность засухи, однако со второй половины месяца вновь установилась очень жаркая и сухая погода. В июле среднесуточная температура воздуха колебалась в пределах 20–28°С, а максимальная достигала 38°С. Очень жарким и сухим был август. Температура 30°С и выше стояла в течение 20 дней, а 25 августа достигла 36,6°С. Поверхность почвы нагревалась в это время до +45-48°С. Осадков в августе совсем не выпадало. В течение трех летних месяцев с температурой воздуха 30°С и выше было 34 дня, с температурой 25°С и выше – 68 дней. Осадков за этот период выпало всего 61,1 мм, или 36 % от нормы. В течение 60 дней не было ни одного значительного (с осадками более 5 мм) дождя. С относительной влажностью воздуха 30 % и менее за лето было 27 дней при норме всего 5 дней. Засуха продолжилась и в следующем 1973 году, хотя она и была менее суровой: количество осадков в апреле составило 20 % от нормы, в мае-июне – 42-43 %, в августе − 55 %. Средняя же температура воздуха в эти месяцы, особенно в апреле была выше нормы. В течение вегетационного периода1974 года осадков выпало 140 % нормы, а температура воздуха соответствовала среднемноголетним значениям, однако следующий 1975 год вновь был засушливым (особенно жарким и сухим был май). В 1978 и 1980 годах отмечались значительные отрицательные аномалии летних температур, сопровождавшиеся избытком осадков (значение ГТК составило 2,0-2,6 единиц).

На эти погодные аномалии древостои в каждом ТЛУ отреагировали по-разному (рис. 5). Засуха 1972 года наиболее сильно отразилась на состоянии сосняков лишайниковых и брусничных (ТЛУ A_1 и A_2): падение индекса прироста в ТЛУ A_1 началось уже в 1972 году и упало до минимальной отметки в 1973, а в ТЛУ A_2 минимум отмечался лишь в 1978 году. В ТЛУ A_5 и B_2 прирост древостоев после засухи практически находился в пределах 90-110 % нормы. Отрицательные аномалии летних температур и избыток осадков 1978-1980 гг. наиболее сильно сказались на состоянии сосняков сфагновых, у которых отмечалось резкое снижение прироста. В ТЛУ A_2 прирост начал возрастать, а в ТЛУ A_1 и B_2 наоборот снизился по сравнению с предыдущими годами.

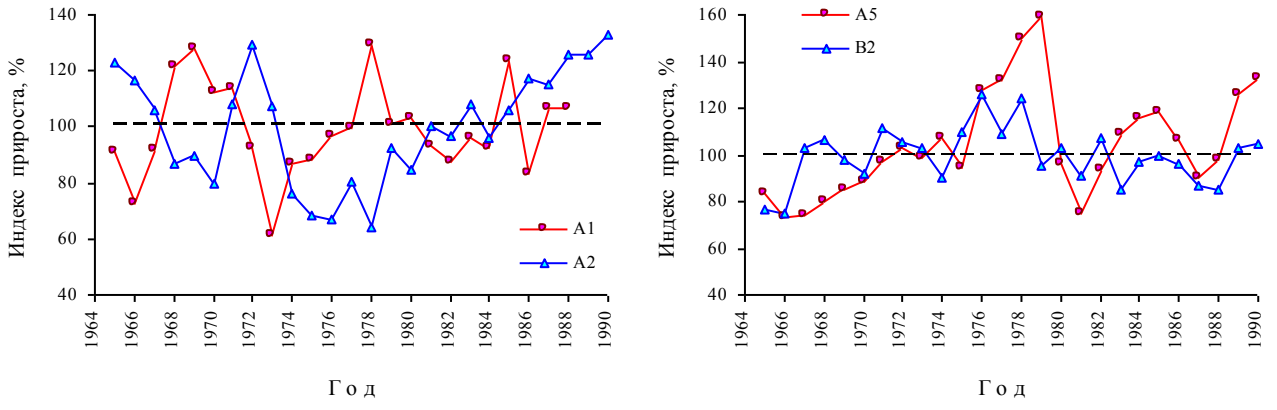


Рис. 5. Реакция древостоев сосны в разных ТЛУ на погодные аномалии

По-разному реагировали на погодные аномалии молодые и старые древостои. Так, в ТЛУ A_2 в культуре 1966 года индекс прироста понизился лишь в 1973 году и затем быстро пошел на повышение (рис. 6). После аномально холодных и дождливых лет в них, в отличие от средневозрастных древостоев, прирост понизился. Неодинаково реагировали на флуктуации климата и деревья в пределах одного биогеоценоза.

Причиной ритмики роста деревьев являются, по мнению фитофизиолога Г. Клебса, высказанному им еще в конце 19 века, не колебания метеопараметров, которые оказывают на этот процесс только некоторое модифицирующее воздействие, а физиологические и внутриценотические факторы [по 11]. Снижение текущего прироста у них происходит в результате истощения в корнях и в почве запасов питательных веществ, после восстановления которых прирост вновь увеличивается.

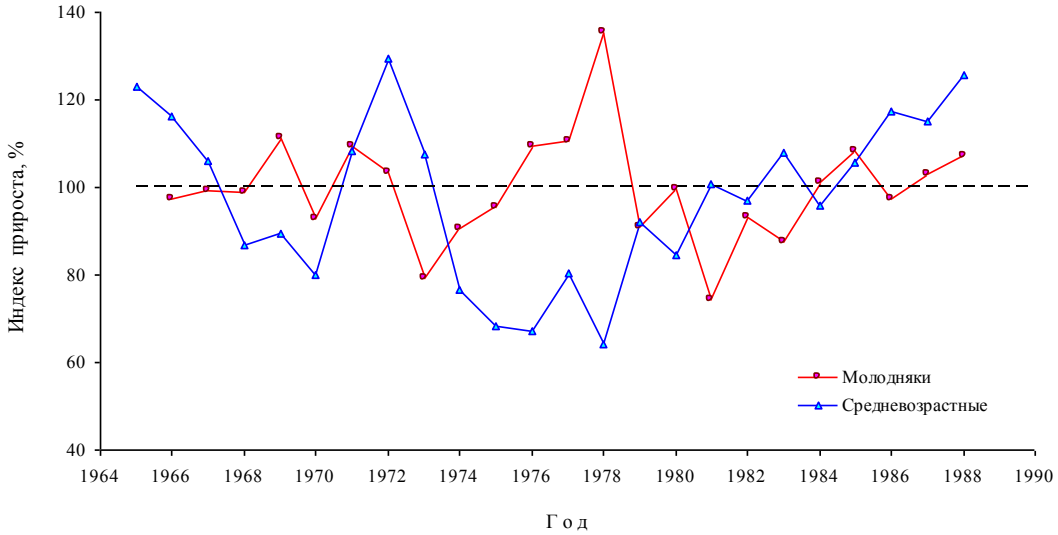


Рис. 6. Реакция древостоев сосны разного возраста в ТЛУ A_2 на погодные аномалии

Таким образом, каждая ценопопуляции образует с прилегающей к ней почвой, населенной грибами, беспозвоночными и микроорганизмами, достаточно автономную саморегулирующуюся динамическую систему, функционирующую на основе взаимообратных связей, вызывающих колебательный режим ее состояния. Время восстановления запасов питательных веществ в почве зависит от ее механического состава, физико-химических свойств, уровня залегания грунтовых вод и режима их проточности, а также густоты древостоя и его физиологического состояния.

Выводы

1. Величина годичного прироста в высоту у деревьев сосны варьирует в очень больших пределах, что свидетельствует о высокой чувствительности этой породы к флуктуациям условий среды и больших ее адаптационных возможностях. Пределы значений прироста в разных ТЛУ в отдельные годы могут перекрываться между собой.

2. Наиболее четко возрастной тренд прироста деревьев выражен в сураменях, а крайне слабо в заболоченных борах.

3. Влияние флуктуаций климата на величину изменчивости индекса годичного прироста древостоев проявляется весьма слабо и в каждом ТЛУ сугубо специфично. Теснота и даже знак связи между индексом прироста древостоя и метеофакторами не остаются постоянными во времени, а изменяются на коротких отрезках в очень больших пределах.

4. Древостои в каждом ТЛУ реагируют на погодные аномалии по-разному. Наиболее сильно реагируют на засухи сосняки в сухих борах, а на избыток осадков – в заболоченных. Сосняки, произрастающие в сураменях, реагируют на погодные аномалии слабо. Густота древостоев существенного влияния на характер ритмики их роста не оказывает.

5. Причиной ритмики роста деревьев являются в большей степени не колебания метеопараметров, которые оказывают на этот процесс лишь некоторое модифицирующее воздействие, а физиологические и внутриценотические факторы.

Библиографический список

1. *Бабич, Н.А.* Влияние осадков и температуры воздуха на прирост культур сосны в высоту / Н.А. Бабич, В.П. Прохоров // ИВУЗ: Лесной журнал. – 1994. − № 1. – С. 18-23.
2. *Битвинскас, Т.Т.* Дендроклиматические исследования / Т.Т. Битвинскас. − Л.: Гидрометеоиздат, 1974. − 172 с.
3. *Ваганов, Е.А.,* Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. – Новосибирск: Наука, 1996. – 245 с.
4. *Демаков, Ю.П.* Закономерности роста деревьев ели в пойме рек Большой и Малой Кокшаги / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 4. − Йошкар-Ола, 2009. − С. 68-123.
5. *Демаков, Ю.П.* Влияние флуктуаций климата на динамику радиального прироста хвойных деревьев в пойменных лесах Марий Эл / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев, Е.А. Медведкова // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы IV Всеросс. науч. конф. с междунар. участием. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2010. − С. 307-310.
6. *Листов, А.А.* Динамика годичного линейного прироста побегов и хвои у подроста сосны в лишайниковых борах Печерского Заполярья / А.А. Листов // Лесоведение. – 1979. − № 2. – С. 23-33.
7. *Ловелиус, Н.В.* Изменчивость прироста деревьев (дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий) / Н.В. Ловелиус. − Л.: Наука, 1979. − 230 с.
8. *Мартынов, А.Н.* Влияние метеорологических факторов на годичный прирост по высоте ели и сосны в Ленинградской области / А.Н. Мартынов // Экология. – 1978. − № 6. – С. 74-76.
9. *Рубцов, В.И.* К вопросу о влиянии осадков и температуры воздуха на прирост сосны / В.И. Рубцов, А.М. Ильин // Науч. зап. ВЛТИ. – Воронеж, 1956. Т. XV. − С. 57-62.
10. *Тольский, А.П.* К вопросу о влиянии метеорологических условий на развитие сосны в Бузулукском бору / А.П. Толький // Труды по лесному опытному делу в России. – СПб., 1913. − Вып. 17. − 107 с.
11. *Цельникер, Ю.Л.* К вопросу о физиологических причинах ритмичности роста у деревьев / Ю.Л. Цельникер // Ботанический журн. – 1950. – Т. 35. − № 5. − С. 445-460.
12. *Шиятов, С.Г.* Дендрохронология, ее принципы и методы / С.Г. Шиятов // Проблемы ботаники на Урале. − Свердловск: УФАН СССР, 1973. − С. 53-81.

УДК 630*228.1: 630*53

СТРОЕНИЕ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ ПО КЛАССАМ РОСТА И РАЗВИТИЯ ДЕРЕВЬЕВ КАК ФАКТОР БИОПРОДУКЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ

Н. Ф. Каплина
Институт лесоведения РАН

TREES GROWTH AND DEVELOPMENT CLASSES STRUCTURE OF PINE STANDS AS BIOPRODUCTIVITY STATE FACTOR

N. F. Kaplina
Institute of Forest Science, RAS

Оценки продуцирования и депонирования фитомассы в древостое должны сопровождаться прогнозом устойчивости этих показателей, что в совокупности определяет его биопродукционное состояние. Широко применяемая методика оценки продуктивности лесов и её динамики по таксационным показателям (в частности, по материалам ГУЛФ) не учитывает важный фактор устойчивости древостоев – их строение (по размерным и продукционным показателям деревьев). Этот фактор весьма изменчив в совокупности древостоев с одинаковыми таксационными характеристиками (Лебков, Каплина, 2008). Вместе с тем, оценка дифференциации деревьев общепринята при мониторинге состояния лесов, например по категориям санитарного состояния и по степени повреждения крон деревьев поллютантами. Существует лесоводственное направление исследований роста и развития деревьев с применением различных классификаций.

Устойчивость биопродукционных показателей древостоя в неблагоприятных (в т.ч. чрезмерно изменчивых) условиях существования определяется динамикой не только прироста, но и отмирания (Каплина, Жиренко, Ильюшенко, 2009). Оба эти процесса обусловлены строением древостоя по классам роста и развития деревьев (класс РР). Доля хорошо развитых деревьев может служить мерилом биопродукционного состояния древостоя на длительный период (Каплина, Селочник, 2009). Высокая информативность классификации по росту и развитию крон деревьев в дополнение к их классификации по категориям санитарного состояния показана на примере дубрав Московского региона и южной лесостепи (Селочник, Каплина, в печати).

В данной работе анализируется строение лучших высокопродуктивных древостоев сосны по классам РР с целью изучения механизма дифференциации в древостоях как фактора их устойчивости. Обычно показатели фитомассы определяются по модельным деревьям, что не позволяет изучить природную изменчивость в древостое. Используемые в данной работе материалы лишены этого недостатка. Особое внимание уделено показателям крон поскольку, с одной стороны, они имеют определенный биологический смысл, а с другой – могут быть оценены, в той или иной степени, при дистанционном мониторинге.

Объекты и методика. Данные получены в оптимальных условиях произрастания, типичных для сосны (Владимирская и Ивановская обл.). Отбор древостоев проводился по комплексу показателей: высоким значениям как плотности, так и среднего диаметра древостоев, хорошему состоянию деревьев. Анализируются данные 8-ми пробных площадей (ПП), на которых получены оценки показателей фитомассы всех деревьев (100-120 деревьев на ПП). Форма пробных площадей в сосняках старше 70 лет является общепринятой прямоугольной. В более молодых сосняках ПП закладывали лентами шириной 3 м на месте будущих технологических коридоров. Площадь таких ПП рассчитывали с учетом расположения деревьев за их пределами, вычисляя полигоны Вороного. Растущие деревья измеряли общепринятыми методами. Абсолютно сухую фитомассу определяли деструктивным методом. Фитомассу стволов – по 2-метровым отрезкам, через их объемные показатели, плотность и влажность. Последние определяли по 10 модельным деревьям на ПП. Фитомассу крон взвешивали у всех деревьев. Отдельно учитывали: охвоенные части ветвей, а также их неохвоенные части тоньше 1 см и толще 1 см. По образцам определяли соотношение хвои и ветвей и влажность хвои и фракций ветвей. С целью устранения межгодовой изменчивости фитомассы хвои (Каплина, 2010) её оценки скорректированы для 1986, 1987 и 1988 гг. учета умножением соответственно на коэффициенты 1.22, 0.92 и 1.08.

Использовали классификацию РР по Крафту, классы определяли визуально, учитывая социальное положение деревьев, их размеры, форму и охвоение. Малочисленные классы хорошо развитых деревьев (Ia и I) объединили (далее − класс I), также объединили классы слаборазвитых деревьев (IV и V, далее – класс IV), за исключением 25- и 26-летних молодняков, где оказалось много угнетенных деревьев. В программе STATISTICA проведено распознавание классов РР деревьев с использованием дискриминантного анализа по измеренным показателям ствола и кроны дерева (размерам, фитомассе) и по их соотношениям.

Результаты и обсуждение. *Характеристики древостоев.* До начала рубок ухода (40-летнего возраста) число стволов N, сумма площадей сечений G, запас GS и фитомасса стволов St древостоев были выше, а средний диаметр D ниже (табл. 1, 2), чем по таблицам хода роста полных древостоев (Швиденко, Щепащенко и др., 2007). В большей степени это прояв-

ляется в естественных древостоях. С началом рубок ухода таксационные показатели приближаются к оптимальным, независимо от происхождения древостоев. Изменчивость по диаметру ствола в самых молодых сосняках соответствовала 3-му, самому неоднородному, типу структуры, а в остальных – 2-му, средней однородности (Лебков, Каплина, 2008). Исключением оказался 51-летний древостой с 1-м, однородным типом структуры, который является контрольным (без рубок) в опыте по рубкам ухода.

Таблица 1

Таксационные характеристики древостоев

A	**PN_{I-II}**	Orig	Tstr	D	H	SI	N	G	P	GS	Dcr	Hcr	Gcr
25	**27**	K	3	9.9	11.4	0.81	4182	32.2	1.24	207	1.8	4.8	1.22
26	**23**	E	3	9.1	12.6	0.34	4839	31.6	1.15	222	1.3	4.3	0.74
35	**45**	K	2	13.6	16.6	0.17	2478	35.8	1.11	306	1.7	4.9	0.62
51	**31**	K	1	18.5	20.1	0.91	1166	31.4	0.87	315	2.5	6.0	0.62
58	**26**	E	2	19.6	19.7	1.63	1093	32.9	0.92	306	2.7	6.5	0.67
60	**33**	E	2	21.1	22.9	0.75	905	31.6	0.81	347	2.5	6.7	0.50
77	**54**	K	2	26.0	26.2	0.80	653	35.0	0.83	408	2.6	7.2	0.38
78	**35**	E	2	28.9	27.1	0.58	563	36.8	0.85	428	3.0	8.4	0.47

Обозначения: A – возраст, лет, Orig – происхождение (K – культуры, E – естественное), Tstr – тип структуры древостоя, PN_{I-II} − доля деревьев I-II классов по Крафту (после дискриминации), D – среднеквадратический диаметр, см, H – высота среднего дерева, м, SI − бонитет, N – число стволов, шт. га$^{-1}$, G – сумма площадей сечений, м^2 га$^{-1}$, P − полнота, GS – запас, м^3 га$^{-1}$, Dcr –диаметр кроны, м, Hcr – протяженность кроны, м, Gcr – сумма площадей проекций крон, га га$^{-1}$

Изменчивость различных показателей деревьев в древостое, оцененная коэффициентом вариации CV существенно различается (Лебков, Каплина, 2008) (табл. 2, 3). Наиболее низкая изменчивость − по высоте ствола, наиболее высокая – по показателям фитомассы, остальные показатели занимают срединное положение. Для большинства показателей CV в древостоях имеет тенденцию уменьшения с возрастом, что свидетельствует о снижении напряженности конкурентных отношений. Лишь по диаметру кроны и её вертикальной протяженности изменчивость несколько возрастает.

Таблица 2

Показатели фитомассы деревьев и древостоев

A, лет	Среднее, кг (кг м$^{-2}$)				Коэффициент вариации (CV), %				Древостой, т га$^{-1}$			
	Ne	Cr	St	Ne/Gcr	Ne	Cr	St	Ne/Gcr	Ne	Cr	St	Ne/Gcr
25	2.0	4.6	16.5	0.56	98	103	62	56	8.5	19.1	69	0.70
26	1.3	3.0	14.3	0.76	82	89	46	50	6.5	14.5	69	0.87
35	2.9	7.2	43.3	0.87	86	94	53	54	7.1	17.8	107	1.16
51	4.3	13.2	107	0.71	70	78	49	45	5.0	15.4	125	0.81
58	4.7	15.3	110	0.83	70	79	51	41	5.1	16.7	121	0.77
60	5.1	15.6	145	0.84	72	81	51	44	4.7	14.1	132	0.93
77	6.9	21.6	253	1.03	68	74	47	50	4.5	14.1	165	1.18
78	7.7	29.5	295	1.13	66	87	45	41	4.3	16.6	166	0.91

Обозначения: фитомасса: хвои − Ne (скорректированная по годам), кроны − Cr (без ствола), ствола − St , Ne/Gcr – фитомасса хвои на единицу площади проекции кроны, кг м$^{-2}$

Характеристики классов роста и развития деревьев. Очевидно (рис. 1), что зависимость показателей деревьев от диаметра ствола в древостое в основном складывается из межклассовой.

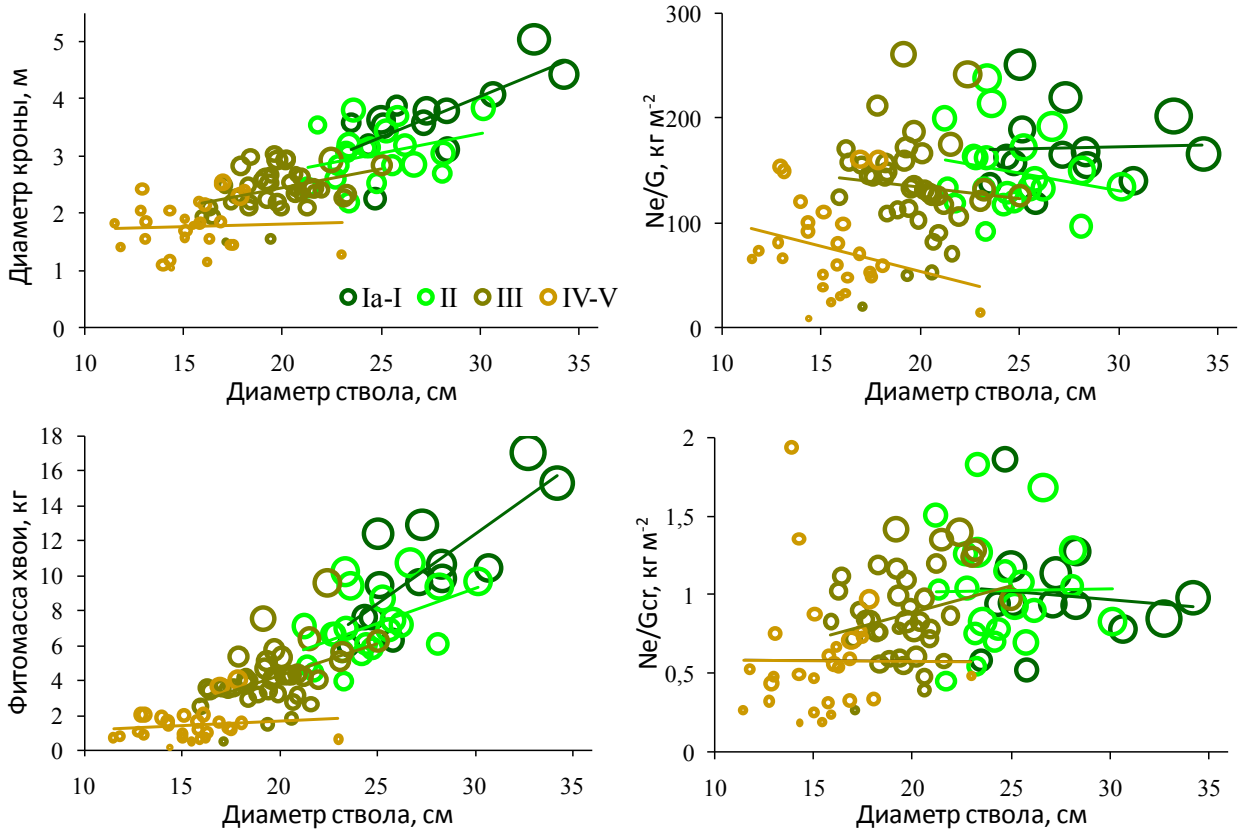


Рис. 1. Показатели деревьев по классам РР в зависимости от диаметра ствола в 60-летнем древостое. Площади кружков пропорциональны фитомассе хвои деревьев (условные обозначения: кружки – исходные данные, линии − тренды)

В соответствии с этим диаметр и площадь сечения ствола оказались наиболее важными переменными при распознавании классов РР (по F-критерию − отношению общей дисперсии к групповой) (табл. 3). Не уступало по важности в распознавании классов РР и отношение Ne/G. В порядке убывания F-критерия следуют величины фитомассы хвои и крупных ветвей, а также высота дерева, абсолютные и относительные размеры кроны. То есть, роль показателей в распознавании классов не зависела от их изменчивости. В целом набор показателей деревьев, выбираемый в дискриминантном анализе для распознавания классов РР в значительной степени случаен, т.к. все они в той или иной степени скоррелированы.

Показатели деревьев можно разбить на три совокупности по соотношению общей изменчивости к изменчивости внутри классов РР (см. табл. 3): 1) общий CV больше среднего по классам примерно в два раза (D, фитомасса хвои и других фракций), 2) общий CV больше среднего по классам примерно в 1,5 раза (Ne/G, Hcr, Dcr,), 3) общий CV практически не отличается от CV в группах (Ne/Gcr). Это разбиение на группы не всегда согласуется с ролью показателей деревьев в распознавании классов РР.

В древостоях с наиболее высокой PN_{I-II} (25-, 35- и 77-летних) средние величины D и Ne деревьев II и III классов несколько ниже по отношению к этим показателям I класса (см. табл. 3). Можно предположить, что PN_{I-II} положительно скоррелирована именно с межклассовой изменчивостью, а не с общей.

Высокие абсолютные показатели деревьев не обязательно гарантируют их попадание в лучший класс РР, т.к. более важны их показатели относительно других деревьев. Так, в 78-летнем сосняке средние размеры и фитомасса деревьев II класса РР выше, чем I класса в 77-летнем, а III класса – соответственно выше, чем II класса в 77-летнем (табл. 3).

Строение древостоев по классам РР. Точность визуальных оценок классов РР (совпадение наблюдаемых и распознанных классов в дискриминантном анализе) составила 81-90% независимо от возраста или полноты древостоя. Ошибки визуальной оценки не превышали одного класса. Точность для совокупности I и II классов (хорошо развитых деревьев) оказалась ещё выше – 84-98%.

Доля в древостоях числа хорошо развитых деревьев I-II классов РР (PN_{I-II}) изменяется в широких пределах (23-54%) с минимальными величинами в двух самых молодых сосняках, не пройденных рубками ухода (табл. 1, рис. 2). Доля числа средне развитых деревьев III класса также сильно изменчива (25-51%), не имея четких тенденций с показателями древостоев.

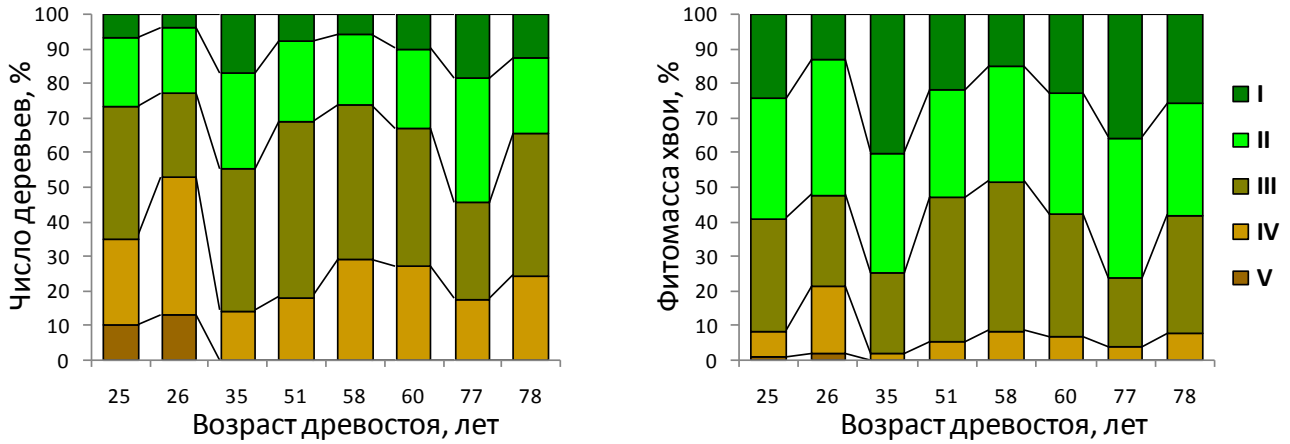


Рис. 2. Представленность классов роста и развития деревьев (условные обозначения) по численности и фитомассе хвои в древостоях различного возраста

Доля фитомассы хвои деревьев по сравнению с долей числа деревьев для I-II классов в среднем в 2 раза выше, для III класса немного ниже, а для слабо развитых деревьев IV-V классов в 4 раза ниже. Хорошо развитые деревья вносят наибольший вклад в продуцирование органического вещества (доля в фитомассе хвои древостоя − в среднем 60%). Прослеживается обратная зависимость долей хорошо развитых и слабо развитых деревьев, отражающих две стороны продукционного состояния древостоя – роста и отмирания.

Наиболее тесная положительная корреляция PN_{I-II} для всех исследуемых древостоев ($r \approx 0,9$) оказалась с отношением фитомассы хвои Ne к сумме площадей проекций крон – Gcr (табл. 2). Положительная корреляция с отношением фитомассы ветвей к Gcr, а также корреляция с G древостоя были несколько ниже ($r \approx 0,7$-$0,8$). Обнаружена довольно тесная связь PN_{I-II} с CV показателя Ne/Gcr, при учете возрастного тренда ($r^2 \approx 0,75$), однако связей с изменчивостью диаметра ствола и других показателей деревьев не обнаружено. В то же время, как показано выше, есть сопряженность PN_{I-II} с межклассовой дифференциацией.

Ожидаемая отрицательная корреляция PN_{I-II} с числом стволов и относительной полнотой древостоя, а также положительная корреляция с возрастом и средним диаметром стволов действительно, имели место, но не превышали по абсолютной величине $r=0,5$.

Ранее показано, что доля числа хорошо развитых деревьев весьма устойчива при естественном росте и развитии древостоя, но при этом чувствительна к внешним факторам: рубкам ухода, засухам, повреждениям фитофагами (Каплина, Селочник, 2009). Представляя естественный ход роста древостоев как колебательный процесс роста и отмирания деревьев и учитывая принципы подбора объектов исследования, можно говорить, что исследуемые древостои находятся в сходной фазе: высокой плотности, предельно высоких конкурентных отношений и максимального числа угнетенных деревьев. Поэтому различия по PN_{I-II} могут быть вызваны в значительной степени факторами внешней среды.

Таблица 3

Изменчивость показателей деревьев в древостое в целом и по классам РР

Показатель	А, лет	CV, %		Среднее арифметическое в I классе, абс. ед.	Среднее арифметическое в классе, % величины в I классе				
		общий	средний по классам I-IV		I	II	III	IV	V
Диаметр ствола (D), см	25	29	10	15.5	100	79	61	46	39
	26	27	9	13.7	100	87	69	55	40
	35	23	13	18.1	100	80	65	53	
	51	19	8	25.2	100	83	69	56	
	58	24	16	27.8	100	85	66	54	
	60	23	11	28.0	100	89	70	55	
	77	22	8	33.6	100	81	66	53	
	78	23	12	38.1	100	85	72	54	
	В среднем	24	11		100	84	67	53	40
Диаметр кроны (Dcr), см	25	31	18	2.7	100	84	69	57	40
	26	30	16	2.1	100	90	72	53	45
	35	31	19	2.5	100	74	61	41	
	51	33	19	4.0	100	72	58	38	
	58	33	20	4.4	100	79	61	39	
	60	30	18	4.0	100	75	63	44	
	77	35	21	3.8	100	71	60	37	
	78	40	22	5.3	100	69	51	36	
	В среднем	33	19		100	77	62	43	42
Фитомасса хвои (Ne), кг	25	98	35	6.7	100	49	24	8	3
	26	82	20	4.0	100	66	34	15	4
	35	86	51	5.6	100	55	24	5	
	51	70	33	9.5	100	50	30	11	
	58	70	35	12.7	100	67	38	12	
	60	72	35	11.0	100	67	39	11	
	77	68	40	11.0	100	58	36	11	
	78	66	36	16.9	100	73	41	16	
	В среднем	77	36		100	61	33	11	3
Фитомасса хвои / площадь поперечного сечения ствола (Ne/G), кг $м^{-2}$	25	47	25	347	100	80	64	40	16
	26	43	25	276	100	87	70	50	25
	35	49	37	210	100	87	57	19	
	51	39	29	190	100	72	63	35	
	58	40	27	214	100	90	82	38	
	60	43	33	176	100	84	80	39	
	77	39	35	121	100	90	85	42	
	78	36	27	145	100	102	82	51	
	В среднем	42	30		100	87	73	39	20
Фитомасса хвои / площадь проекции кроны (Ne/Gcr), кг $м^{-2}$	25	56	33	1.02	100	60	43	22	16
	26	50	35	1.28	100	82	64	55	19
	35	54	50	1.12	100	110	63	32	
	51	45	47	0.83	100	93	84	77	
	58	41	40	0.87	100	104	102	79	
	60	44	44	0.89	100	123	99	62	
	77	50	56	0.98	100	119	107	78	
	78	41	41	0.78	100	158	161	130	
	В среднем	48	43		100	106	90	67	18

Можно выделить два древостоя с пониженной (для своего возраста) PN_{I-II} (26- и 58-летние естественные сосняки) и три – с повышенной PN_{I-II} (25-, 35- и 77-летние культуры сосны). Эти особенности отчасти можно объяснить различиями в происхождении данных древостоев, бонитете, первоначальной густоте и интенсивности рубок ухода. Так, для исследуемой совокупности древостоев PN_{I-II} больше в культурах, чем в естественных сосняках. 26-летний

древостой сильно загущен и возможно испытывает недостаток влаги, а 58-летний древостой может страдать от переувлажнения. В 77-летних культурах отмечены меньший диаметр и большая густота, чем в 78-летнем естественном сосняке, тем не менее PN_{I-II} в нем выше (54% против 35%), что может быть результатом более интенсивных проходных рубок с одной стороны и более равномерного размещения деревьев, с другой. Для 25- и 35-летних культур более высокие величины PN_{I-II} (27 и 45%) нельзя объяснить какими-либо характеристиками древостоя: рубок ухода здесь не проводилось, густота и полнота выше, чем по таблицам для полных древостоев, изменчивость деревьев по диаметру средняя, кроны компактные.

Заключение. Дифференциация деревьев по классам роста и развития является результатом их длительного совместного существования в неблагоприятных условиях (конкуренция, метеофакторы, фитофаги и т.п.). Поэтому классы РР существенно различаются по накопленным показателям деревьев (размеры ствола, фитомасса ствола и кроны, их соотношения). В силу ценотических различий условий роста, классы РР различаются и по показателям, имеющим погодичную динамику: фитомассе хвои, приросту древесины, категории состояния. Наибольший вклад в распознавание классов РР в древостоях сосны внесли два показателя, относящиеся к этим различным группам: накопленный − диаметр дерева и изменчивый − отношение фитомассы хвои к площади сечения ствола.

На уровне древостоя выявлены тесные положительные зависимости доли числа хорошо развитых деревьев от соотношения фитомассы хвои древостоя с суммой площадей проекций крон, а также от CV этого показателя деревьев (с учетом возрастного тренда).

Доля хорошо развитых деревьев изменяется в очень широких пределах (23-54%) даже в изученных лучших древостоях, близких по характеристикам к оптимальным, и поэтому может быть чувствительным показателем их биопродукционного состояния.

Можно полагать, что высокая изменчивость показателей деревьев в древостое, как и их высокие абсолютные показатели не гарантируют оптимальной структуры древостоя по классам РР при неблагоприятном воздействии внешних факторов на ход роста и дифференциацию деревьев. При благоприятных факторах, таких как рубки ухода, оптимизация структуры возможна и при слабой дифференциации и более низких размерах деревьев.

Желательно дальнейшее исследование в этом направлении для разработки методов оценки продукционного состояния древостоев, в частности при дистанционном мониторинге.

Исследование поддержано РФФИ, гранты 09-04-00560, 09-04-01199

Библиографический список

1. *Каплина*, Н.Ф. Морфология крон и состояние дуба черешчатого в средневозрастных насаждениях лесостепи / Н.Ф. Каплина, Н.Н.Селочник // Лесоведение. − 2009. − № 3. − С. 32-42.

2. *Каплина*, Н.Ф. Погодичная динамика фитомассы и продукции древостоя дуба южной лесостепи: методические подходы и результаты / Н.Ф. Каплина, Н.Г. Жиренко, А.Ф. Ильюшенко // Продукционный процесс и структура лесных биогеоценозов: теория и эксперимент (Памяти А.И.Уткина). − М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. − С. 68-92.

3. *Каплина*, Н.Ф. Межгодовая изменчивость аллометрических соотношений фитомассы листьев сосны южной тайги и дуба лесостепи / Н.Ф. Каплина // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: материалы междунар. конф. с элементами научной школы для молодёжи. − Йошкар-Ола, 2010. − С. 205-210.

4. *Лебков*, В.Ф. Закономерности и оценки структуры древостоев сосны / В.Ф. Лебков, Н.Ф. Каплина // Лесное хозяйство. − 2008. − № 3. − С. 39-41.

5. *Селочник*, Н.Н. Оценка состояния дубрав с учетом развития крон деревьев в неблагоприятных условиях: антропогенных (Московский регион) и климатических (лесостепь) / Н.Н.Селочник, Н.Ф. Каплина// Вестник Московского государственного университета леса − Лесной вестник (в печати).

6. *Швиденко*, А. Леса и лесное хозяйство России [СД-РОМ] / А. Швиденко, Д. Щепащенко, Я. МакКаллум, С. Нильссон. − Лаксенбург, Австрия, 2007.

УДК 630*641

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ТАКСАЦИИ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ

О. Е. Осмачко
Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

ANALYSIS OF QUALITY INVENTORY BY SATELLITE IMAGES

O. E. Osmachko
Izhevsk State Agricultural Academy

Разработка системы мероприятий, направленных на обеспечение рационального ведения лесного хозяйства, эффективного использования лесного фонда, своевременного воспроизводства, охраны и защиты лесов, возможна лишь в случае наличия достоверных и качественных материалов таксации.

Современные измерительные приборы и программное обеспечение, натурные проверки таксации выделов по принципу систематической или случайной выборки сводят к минимуму возникновение ошибок на всех этапах производства работ, но не исключают их полностью.

Целью исследования стало повышение качества материалов таксации путем уменьшения количества ошибок, контролируемых дополнительной проверкой.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

– сравнение плана лесонасаждений, полученного при таксации, с материалами автоматизированной обработки космической съемки посредством классификации;

– проверка точности установления границ лесотаксационных выделов и определение породного состава при таксации лесов.

Объект исследования − материалы таксации Люкшудьинского участкового лесничества Завьяловского лесничества Удмуртской Республики.

Метод исследования

Для проведения исследования применен синтез снимков: панхроматического со спутника ALOSPRISM и мультиспектрального ALOSAVNIR-2. Синтез позволил получить мультиспектральный снимок с пространственным разрешением 2,5 м. Обработка космических снимков проводилась с помощью программного комплекса ENVI.

В исследовании была применена автоматизированная обработка космического снимка способом классификации изображения. В качестве объектов классификации использованы заложенные временные пробные площади с преобладанием основных лесообразующих пород Удмуртской Республики (сосна, ель, береза, осина, липа) в типичных местах произрастания, в четырех группах возраста (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые). С помощью GPS-навигатора были установлены координаты пробных площадей для последующего переноса на материалы космической съемки.

С целью усиления визуальной различимости анализируемых элементов изображения применено IRRG расположение каналов. Улучшение изображения достигнуто с помощью радиометрического метода линейного контрастирования (рис.1).

Из опробованных методов наиболее точные результаты были получены при классификации изображения по породному составу способом максимального правдоподобия (рис. 2).

В оглавление

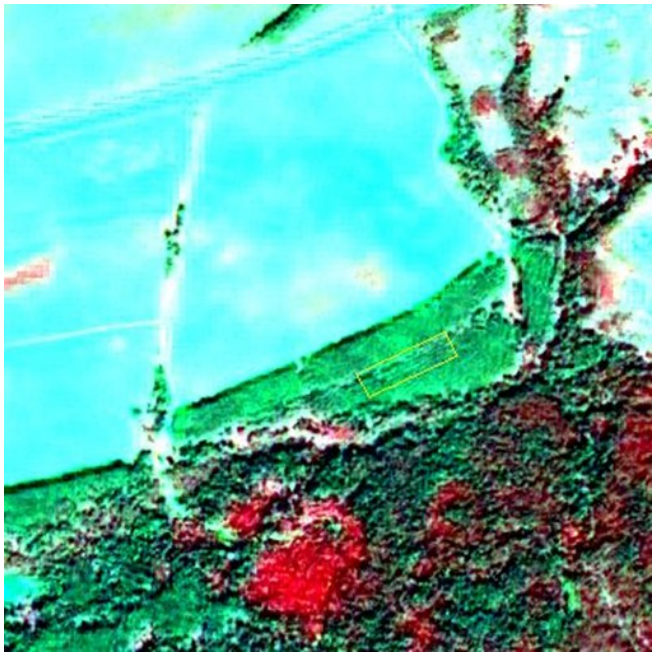


Рис. 1. Синтезированное изображение (каналы IRRG) с временной пробной площадкой. Пространственное разрешение 2,5 м. Улучшение изображения Linear.

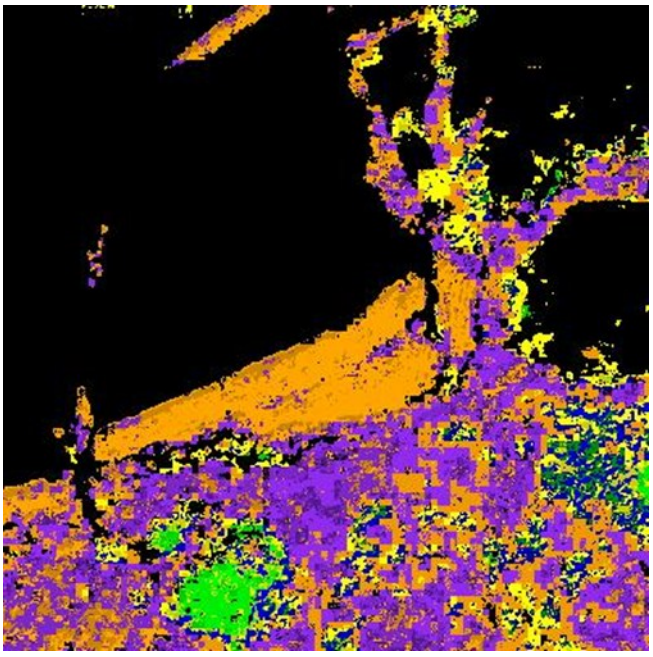


Рис. 2. Классификация изображения способом максимального правдоподобия

Точность классификации оценивалась по материалам существующей наземной таксации контрольного лесного участка (кварталы: 75, 75, 87, 88) (рис. 3).

Границы выделов с нумерацией были перенесены с плана лесонасаждений на классифицированное изображение контрольного лесного участка для последующего анализа (рис. 4).

Результаты исследования показали, что автоматическая классификация совершенно не дает представления о наличии лесных культур и других элементов древостоя, находящихся под основным пологом. При правильном методологическом подходе к закладке пробных площадей для создания обучающих выборок можно произвести деление изучаемой территории на выделы, как минимум, по различию в породном составе. Для разделения территории на выделы по различию в породно-возрастном

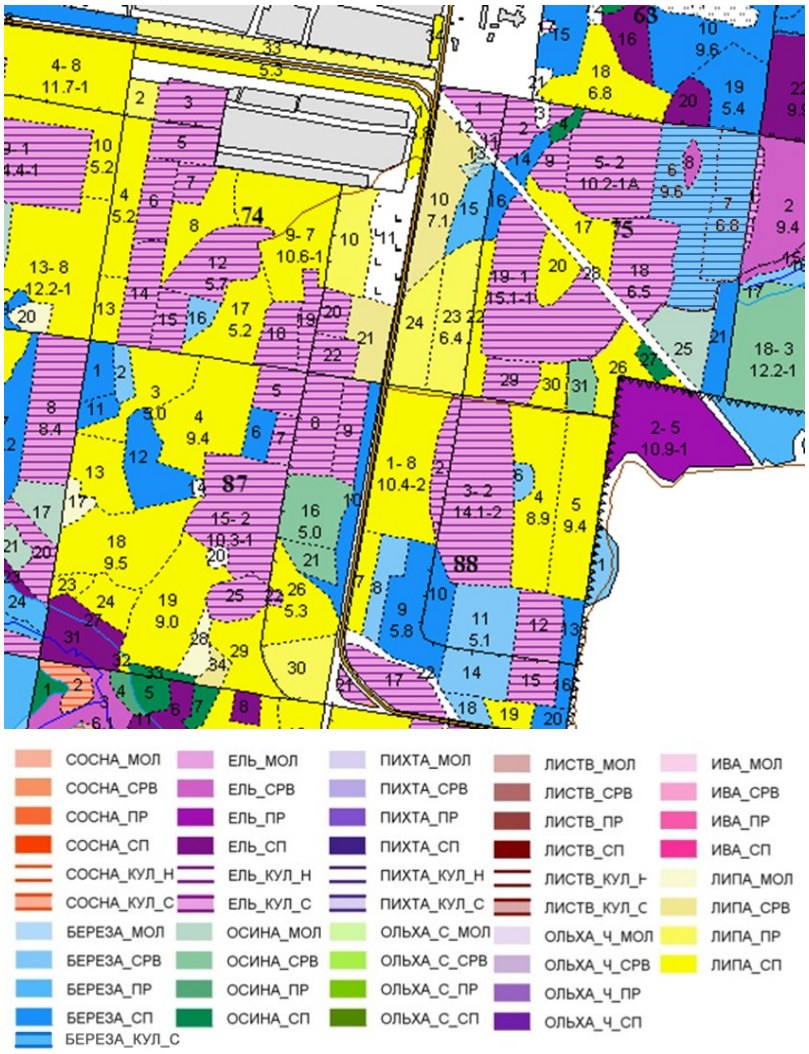


Рис. 3. План лесонасаждений контрольного лесного участка

В оглавление

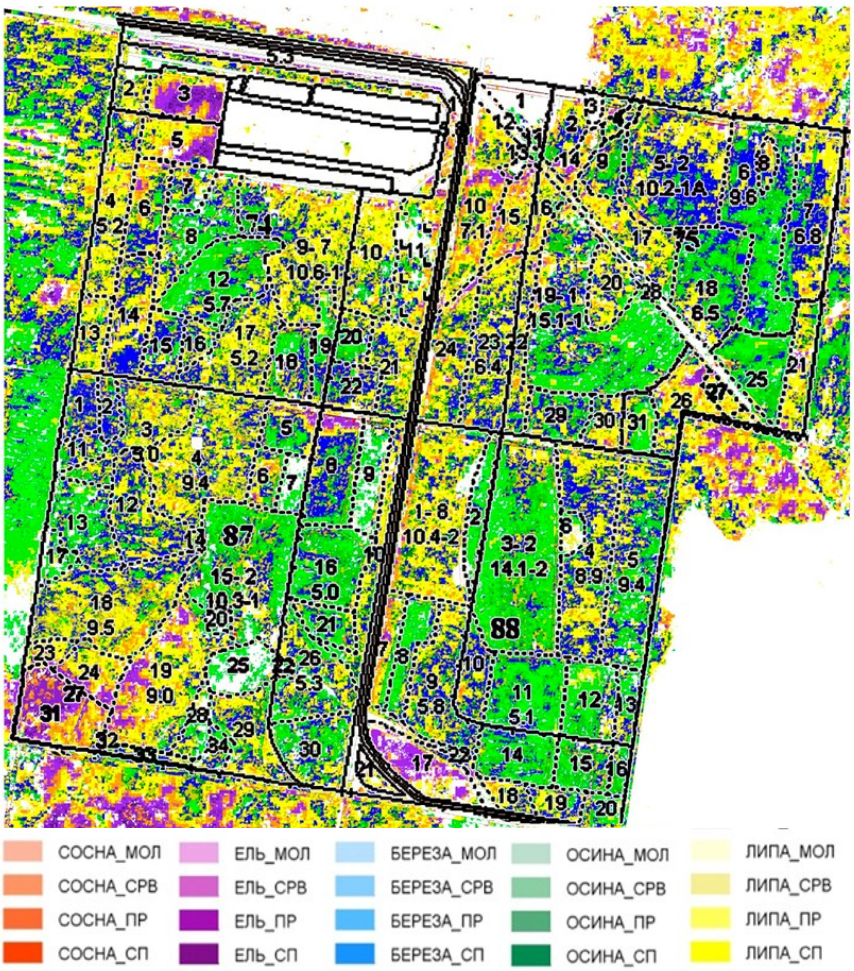


Рис. 4. Классифицированное изображение контрольного лесного участка

составе необходимо дальнейшее проведение исследований. В качестве объектов классификации использованы всего пять лесообразующих пород, более точный анализ материалов таксации возможен при использовании результатов классификации всех пород, встречающихся в исследуемом лесничестве.

Сравнительный анализ плана лесонасаждений, полученного при таксации, и материалов автоматизированной обработки космической съемки позволил выявить и после дополнительной проверки исключить ошибки таксации, которые отнесены к классу грубых. Они были допущены на этапе внесения данных с карточек таксации в электронную базу данных.

Библиографический список

1. *Гарбук, С.В.* Космические системы дистанционного зондирования Земли / С.В.Гарбук, В.Е. Гершензон.– М.: Изд-во А и Б, 1997. – 296 с.

2. *Кашкин*, *В.Б.* Дистанционное зондирование Земли из космоса / В.Б.Кашкин, А.И.Сухинин // Цифровая обработка изображений. – М.: Логос, 2001. – 264 с.

3. *Книжников*, *Ю.Ф.* Аэрокосмические методы географических исследований: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

4. *Медведев*, *Е.М.* Лазерная локация земли и леса: учеб.пособие – 2-е изд., перераб. и доп. / Е.М. Медведев, И.М. Данилин, С.Р. Мельников. – М.: Геолидар, Геокосмос; Красноярск: Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2007. – 229 с.

5. Об утверждении Лесоустроительной инструкции: приказ МПР России от 06.02.2008 г. № 31 // Собр. законодательства РФ. − 2007. − № 26, ст. 3182.

6. *Сухих*, *В.И.* Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: учеб. / В.И. Сухих. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 392 с.

УДК 630*228.11 : 630*53

СОМКНУТОСТЬ КРОН И ПОЛОГА НА УРОВНЕ ДРЕВОСТОЯ И РАСТУЩЕГО ДЕРЕВА

А. А. Вайс
ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»

SOMKNUTOSTI KRONAS AND VALANCE AT A RATE OF PLANTING AND RISING TREE

A. A. Vays
GOU VPO "Siberian state technological university"

Строение полога зависит от лесорастительных условий и состава насаждения. У деревьев кроны смыкаются примерно на одной высоте и создают горизонтальную сомкнутость. Другой вид полога у сложных насаждений: верхняя часть крон деревьев второго яруса смыкается с кронами деревьев первого яруса или входит в нижнюю часть полога первого яруса, образуя вертикальную сомкнутость. Вертикально-ступенчатый вид полога характерен для многоярусных насаждений, состоящих из нескольких древесных пород, когда деревья имеют неодинаковую высоту и расположение в пространстве, а кроны − разную форму и размеры [1].

Кроны могут быть сомкнутыми или разомкнутыми на ту или иную величину. Различают горизонтальную и вертикальную сомкнутость крон. Их характеризуют форма и размеры проекции крон деревьев, расположение деревьев в пространстве, состав полога, среднее расстояние между деревьями и кронами, формы и размеры промежутков между кронами.

Степень сомкнутости полога определяли как отношение покрытой проекцией крон площади к общей площади участка. В нашем случае использовали линейный способ (рис. 1а):

$$СП=((\Sigma L1-\Sigma l1i)*(\Sigma L2-\Sigma l2i))/(\Sigma L1-\Sigma L2), \quad (1)$$

где СП – сомкнутость полога;
$\Sigma L1$, $\Sigma L2$ – общая протяженность линий, см или м;
$\Sigma l1i$, $\Sigma l2i$ – протяженность участка на линии, занятого кроной, см или м.

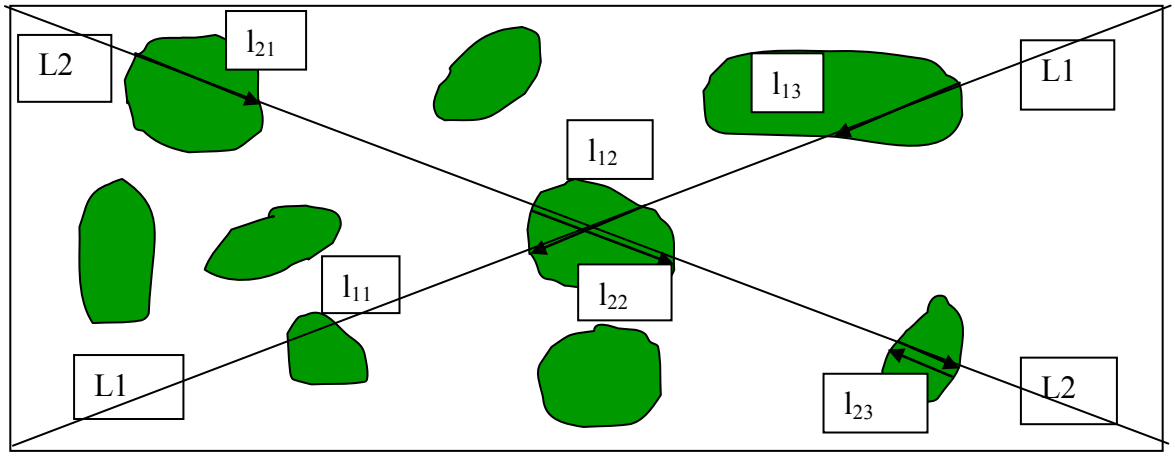
Сомкнутость крон – показатель, характеризующий степень занятости территории кроновым пространством. С его помощью судят о степени перекрытия крон в пологе насаждения (рис. 1б), определяется по формуле

$$Ск=\frac{\sum g_k}{Sn.n}, \quad (2)$$

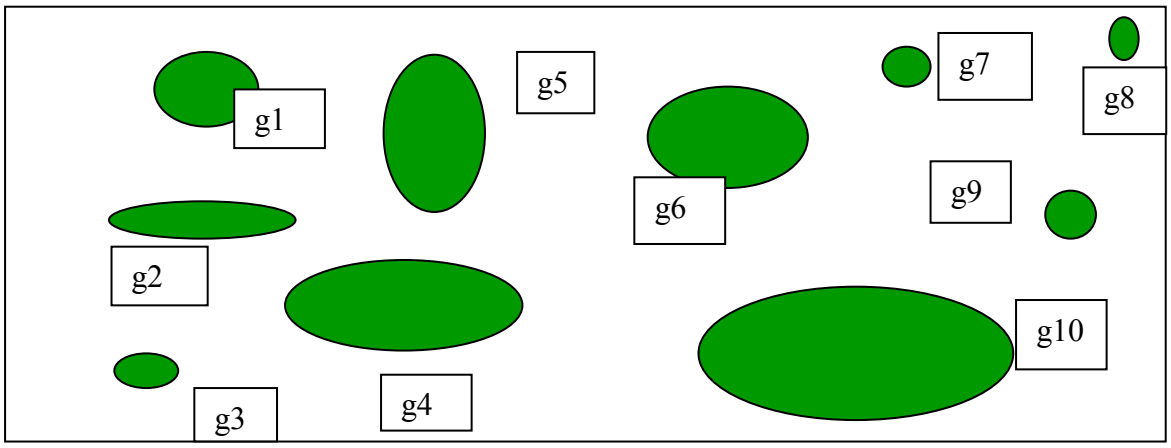
где Ск – сомкнутость крон;
$\sum g_k$ – сумма площадей крон на пробной площади, м²;
$Sn.n$ – площадь участка, м².

В древостоях, имеющих сложную структуру, необходимо учитывать особенности строения с учетом возрастной, пространственной структуры и степени конкурентных взаимоотно-

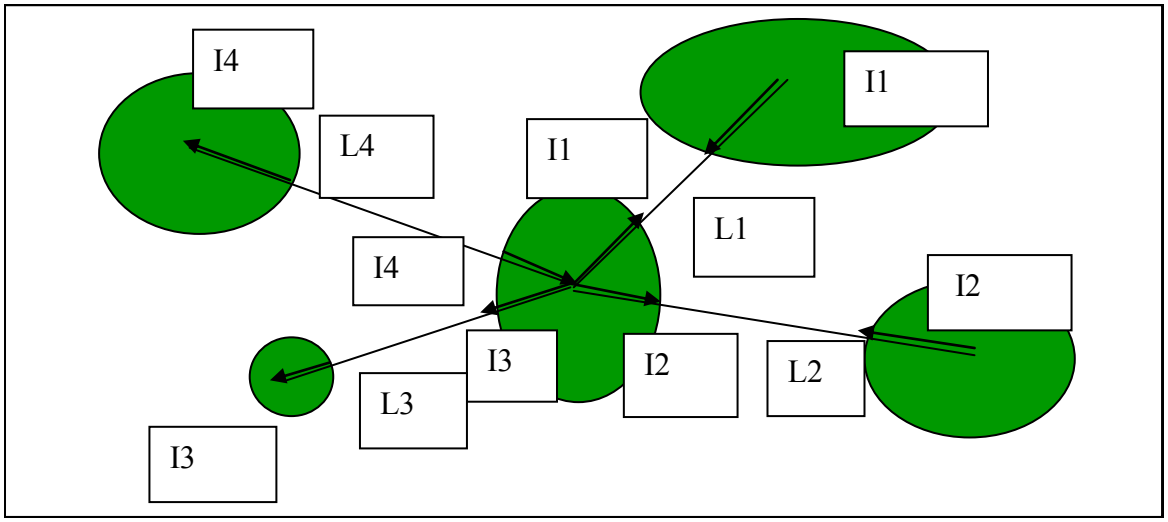
В оглавление



а) Схема определения сомкнутости полога древостоя линейным способом



б) Схема определения сомкнутости крон древостоя



в) Схема определения сомкнутости полога растущего дерева на уровне социальной группы

Рис. 1. Схемы определения сомкнутостей различного вида

шений. Все эти факторы можно учесть только на уровне социальных групп, центром которых являлось условное дерево.

С этой целью не менее чем у 50 деревьев, выбранных механическим способом с каждой пробной площади, была определена сомкнутость полога растущего дерева на уровне социальной группы (рис. 1в) по формуле

$$Сп = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i}{\sum_{i=1}^{n} L_i}, \quad (3)$$

где I1…I5 – длина проекции кроны, м;

L1…L5 – общая длина линий, м.

При изучении сомкнутости крон и полога древостоев различной густоты Г.С. Разин [2] сделал следующие выводы:

- древостой любой начальной густоты в любых условиях достигает своей индивидуальной предельной сомкнутости крон (1,0–2,0) и предельной сомкнутости полога (0,9–1,0);
- древостои, являющиеся наиболее сомкнутыми в молодом возрасте, не будут такими же в старших классах возраста;
- древостои, являющиеся наиболее сомкнутыми в спелом возрасте, не были такими же в молодом возрасте;
- древостои становятся сомкнутыми тем раньше, чем раньше они достигают предельной сомкнутости. Чем больше начальная густота древостоя, тем скорее они смыкаются и размыкаются.

Учеными накоплен большой опыт по изучению структуры лесного полога (Г.Г. Самойлович [3], В.А. Бугаев [4], С.В. Вавилов [5,6], А.И. Бузыкин [и другие] [7], И.А. Дмитриев и другие [8], Я.Я. Петров [9], В.И. Сухих, Н.Н. Гусева, Е.П. Данюлиса [10], Э.Н. Фалалеев, А.С. Смольянов, И.М. Данилин [11]).

Необходимо отметить, что вычисление относительной полноты производилось с учетом показателей стандартной таблицы, и для местных условий различия были снивелированы или более выражены.

Среднеобские боры. Общее количество закартированных деревьев составило 3850 шт. Число социальных групп, взятых для определения сомкнутости полога, – 350 шт. Длина ходовых диагональных линий – 1855 м.

По данным И. М. Данилина [12], полнота и сомкнутость крон довольно тесно коррелируют друг с другом (r=0,60-0,90). Однако взаимосвязь между этими признаками отличается существенной изменчивостью, что создает известные трудности при определении полноты по аэроснимкам.

Изменения в пологе неоднозначны. На одних участках сомкнутость крон возрастала, на других уменьшалась. Если рассматривать разницу количественно, то лимиты менялись от +61,5 % до -48,3 %. Процесс динамики крон представляет собой три неразрывно связанных друг с другом процесса: прирост размеров крон, отпад деревьев, врастание в основной полог молодых особей. По мнению некоторых авторов, процессы роста на уровне древостоя проходят с различной интенсивностью. Каждое насаждение в соответствии со своей структурой, строением и возрастом имеет предельное состояние, после достижения которого активно наблюдаются процессы дифференциации и отпада. Данные прил. В подтверждают это предположение. С возрастом сомкнутость полога уменьшалась в пределах от 13,2 % до 68,0 %. Это указывает на то, что с возрастом (до 100 лет) в древостоях преобладают процессы отпада, а изменение в кроновом пространстве происходит незначительное, освободившиеся пространство не перекрывается.

Для изучения структуры полога древостоя исследовали сомкнутость полога растущего дерева на уровне социальной группы. С этой целью у 50 деревьев выбранных механическим способом с каждой пробной площади, была определена сомкнутость полога. Точность опыта для данных 1973 года менялась в пределах от 2,0 до 5,5 %, а 1991 года соответствовала пределам от 1,9 до 4,5 % при уровне вероятности 95,4 %.

Сосняки бассейна р. Сым (приспевающие древостои). Данные о сомкнутости крон и полноте древостоев приведены. Во всех случаях сомкнутость крон меньше полноты. Так, для участка 80 лет разница достигала 0,12 единиц, что составило 41,4 %. При этом полнота достигает максимальных значений (0,41). Самая большая разница между полнотой и сомкнутостью крон на пробной площади 100 лет она составила 72,7 %.

В отличие от сомкнутости крон, сомкнутость полога во всех случаях больше полноты, за исключением пробной площади 100 лет, где сомкнутость полога равна полноте. Так, для пробы 80 лет разница достигала 0,39 единиц, что составило 37,1 %. При этом сомкнутость достигает максимального значения (1,05). Самая большая разница между полнотой и сомкнутостью полога на пробной площади 100 лет достигает 47,2 %. Если не брать в расчет пробную площадь 100 лет, где сомкнутость полога равна полноте, то наблюдается следующая закономерность: чем выше полнота насаждений, тем выше сомкнутость полога. Например, при полноте 0,19 − сомкнутость 0,36; при полноте 0,35 – 0,44; а при полноте 0,66 сомкнутость полога составила 1,05.

Визуально проявляется связь с возрастом структуры насаждения как сомкнутости полога, так и полноты. Чем выше разновозрастность, тем выше показатели сомкнутости крон и деревьев.

Сосняки бассейна р. Сым (перестойные древостои). Полнота зависит в сильной степени от сомкнутости крон. Во всех случаях сомкнутость крон меньше полноты. Самая большая разница между полнотой и сомкнутостью крон на пробной площади 200 лет, она составила 67,7 % (абсолютная разница 0,21), а минимальная – на пробной площади 160 лет и составила 10,0 % (абсолютная разница 0,04). Чем выше полнота насаждений, тем выше сомкнутость крон. Например, на пробных площадях 180 лет при полноте 0,47 и 0,83 сомкнутость составила 0,34 и 0,51 соответственно. С возрастом никакой закономерности не просматривалось.

Сомкнутость полога, также как и сомкнутость крон, во всех случаях ниже полноты. Максимальная разница между сомкнутостью полога и полнотой − на пробной площади 180 лет, она достигала 0,45 единиц, что составило 118,4 %, а минимальная разница − на пробной площади 160 лет и достигала 0,07 единиц, что составило 18,9 %.

Точность опыта не превысила 2,9-6,0 % при вероятности 0,954.

Нормальные сосняки пригородной зоны г. Красноярска. Следует отметить, что соотношение полноты и сомкнутости крон зависит от многих факторов, учесть которые невозможно [13]. Так, для участка 120 лет разница составила минус 0,93, при этом полнота достигала максимальных значений. На площади 200 лет разница в соотношении сомкнутости и полноты меньше полноты и равна минус 1,04. Это связано с условиями произрастания. Во-первых, влияет большая густота древостоя, во-вторых, влияет неразвитость крон, их неправильная форма (флагообразная). Так, на площади 120 лет класс бонитета ниже, чем на второй площади, это сказывается на разнице между полнотой и сомкнутостью крон. На пробной площади 80 лет сомкнутость крон наиболее высокая, это связано с комплексом показателей: хорошим ходом роста данного насаждения, расположением на южном склоне и достаточным

пространством для развития крон. Разница в абсолютных единицах больше в заповеднике «Столбы», так как это возрастные насаждения.

Разница в сомкнутости полога и полноты для площади 120 лет составила минус 0,82, для участка 200 лет минус 0,76, для пробной площади 80 лет минус 0,59, для пробной площади №4 минус 0,68, при максимальной полноте. Сомкнутость крон и сомкнутость полога в равной степени отражали особенности соотношений между полнотой древостоя и его кроновым пространством.

Модальные сосняки пригородной зоны г. Красноярска. В указанных древостоях достаточно свободного пространства для развития крон растущих деревьев. В целом между левобережной и правобережной частями разница в сомкнутости крон и полнотой составила 0,4-0,5 единиц. Полнота на всех участках выше сомкнутости крон.

Результаты соотношений сомкнутости полога и полноты в модальных сосняках приведены. Сомкнутость крон и сомкнутость полога в равной степени отражают особенности соотношений между полнотой древостоя и его кроновым пространством в модальных насаждениях.

Сосновый древостой (ППП). В возрасте 42 года разница между сомкнутостью крон и полнотой достигала 0,85 единиц, а в 64 года − 0,63, при максимальной полноте − 1,04. С возрастом наблюдалось увеличение сомкнутости крон от 0,14 до 0,54. Полнота практически не изменялась, что указывает на общую закономерность, связанную с ростом конкурентных взаимоотношений в сосновых насаждениях.

Закономерность, наблюдаемая для сомкнутости крон, повторяется и для сомкнутости полога. При этом сомкнутость крон и сомкнутость полога практически не отличались друг от друга.

Соотношение сомкнутостей на уровне древостоя (сомкнутость полога, сомкнутость крон) и сомкнутость полога растущего дерева значительно отличаются друг от друга. Это связано с особенностями методики определения этих показателей, поскольку при определении сомкнутости на уровне древостоя учитывается пространство между группами деревьев. Поэтому истинная сомкнутость значительно выше сомкнутости, которыми оперируют в практических исследованиях. Разница во все годы небольшая, а это говорит о том, что деревья размещались практически равномерно с высокой плотностью древостоя [13].

Кедровые насаждения различной возрастной структуры. Сравнительный анализ сомкнутости крон и полноты древостоев показал, что соотношение зависело от многих факторов. Так, для пробной площади 154 лет разница составила 0,7 единиц при превышении полноты над сомкнутостью крон. На участках 137 и 134 лет сомкнутость крон выше полноты на 0,12 и 0,33 единиц.

В отличие от сомкнутости крон, сомкнутость полога во всех случаях меньше полноты, при этом в максимально плотных насаждениях (154, 134 лет) эта разница наибольшая (до 0,6 единиц). На втором участке значение сомкнутости полога и полноты практически совпадали (разница 0,06 единиц).

Результаты расчетов сомкнутости полога на уровне растущего дерева позволили сделать следующие выводы:

- соотношение сомкнутости полога на уровне социальной группы и на уровне древостоя зависело от размещения деревьев;

- во всех случаях сомкнутость полога растущего дерева выше сомкнутости полога древостоя, что указывало на более высокую степень «социального» расположения растений в социальной группе, чем это принято считать.

Смешанные спелые пихтовые древостои. Анализ соотношения сомкнутости крон и полноты в спелых и перестойных насаждениях указывал, прежде всего, что полнота на всех возрастных стадиях пихтачей превышала сомкнутость крон. С возрастом эта разница увеличивалась.

Так же как и сомкнутость крон, сомкнутость полога значительно меньше полноты. С возрастом разница уменьшалась с 0,81 до 0,54 единиц. Определение полноты по сомкнутости крон в смешанных нормальных насаждениях может привести к значительным ошибкам, поскольку разница может составить до 0,8 единиц.

Главная древесная порода характеризовалась стабильным значением сомкнутости полога растущего дерева вне зависимости от возраста (0,52 – 0,57). Ель имела максимальную сомкнутость в среднем возрасте 76 лет – 0,58, а минимальное значение в возрасте 115 лет – 0,46. Кедр же, наоборот, в 75 лет имел минимальную сомкнутость – 0,44, а в 115 лет максимальную сомкнутость – 0,60. Все это указывало на то, что в смешанных пихтачах составляющие древесные породы имеют разные условия роста.

Полнота значительно отличается от сомкнутостей различного вида. При этом сомкнутость полога растущего дерева выше, чем на уровне древостоя, поскольку в этом случае математически в меньшей степени учитывается влияние «окон», кроме участка 76 лет, где наблюдалась обратная закономерность.

Смешанные пихтовые древостои в стадии молодняка. Древостои на пробных площадях имели практически одинаковый возраст (37 – 43 лет), поэтому в качестве критерия различия использовалось число деревьев. С уменьшением густоты сомкнутость крон также уменьшалась. В то же время с полнотой связь не так четко выражена, поскольку размеры растений зависят от множества факторов. Первоначально (площади №1, 2) сомкнутость крон превышала полноту древостоя. Затем эта разница нивелировалась и достигала незначительной величины.

На всех участках значения сомкнутости полога практически одинаковы (0,81–0,85). Поэтому разница между сомкнутостью полога и полнотой вызвана в основном различием в полноте.

С уменьшением числа деревьев сомкнутость полога растущего дерева на уровне социальной группы незначительно падает с 0,87 до 0,83. При этом варьирование показателя постепенно возрастает с уменьшением числа деревьев.

В возрасте 37 − 41 года, несмотря на значительные различия в количестве деревьев, а значит, в сомкнутости крон, большой разницы в показателях для древостоя и социальных групп не наблюдалось, что указывает на равномерность размещения и отсутствие дифференциации. Сомкнутость полога социальных групп на уровне растущего дерева превышала сомкнутость полога древостоя на незначительную величину − от 0,02 до 0,03 единиц.

По результатам общих исследований сомкнутостей различного вида были сделаны следующие выводы.

В Среднеобских борах сомкнутость крон в динамике на части древостоев увеличилась, а на других уменьшилась. Это можно объяснить интенсивностью двух процессов на участках: изменение размеров крон и отпад деревьев. Сомкнутость полога древостоя и сомкнутость

растущего дерева на уровне социальной группы с возрастом уменьшилась. На всех пробных площадях сомкнутость полога меньше полноты, и при этом в динамике величина различия увеличивалась.

В модальных насаждениях (сосняки бассейна р. Сым) полнота превышала по значению сомкнутость крон. Сомкнутость полога древостоя (приспевающие древостои) превышала полноту, а в перестойных насаждениях значения были меньше. Сомкнутость полога растущего дерева во всех категориях древостоев не превышала сомкнутость полога древостоя, что объясняется групповым размещением растений на плоскости.

Сравнение сомкнутостей различного вида для сосняков пригородной зоны г. Красноярска показало однотипность соотношений как для нормальных, так и для модальных насаждений. Сомкнутость крон и полога на пробных площадях была меньше полноты.

Динамика процессов роста в сосновом древостое на ППП указывала на скачкообразность процесса. Сомкнутость крон и полога меньше полноты, а сомкнутость полога растущего дерева превысила общую сомкнутость полога.

В кедровых насаждениях сомкнутость полога не превысила полноту. Сомкнутость полога растущего дерева по своему значению была больше сомкнутости полога.

В смешанных пихтовых древостоях (стадия молодняка) сомкнутость крон выше полноты. Сомкнутость полога ниже полноты и практически соответствовала сомкнутости полога растущего дерева на уровне социальной группы. В возрастных насаждениях полнота выше сомкнутости крон и сомкнутости полога. Сомкнутость полога древостоя ниже сомкнутости полога растущего дерева на уровне социальной группы.

Кроновое пространство древостоя является основным признаком для дешифрирования снимков. Поэтому знание закономерностей соотношения сомкнутостей крон, полога, отдельного растущего дерева и таксационных показателей насаждений позволяет повысить достоверность оценок биологической продуктивности лесных массивов.

Библиографический список

1. *Дмитриев*, *И.Д.* Лесная авиация и аэрофотосъемка / И.Д. Дмитриев, Е.С. Мурахтанов, В.С. Сухих. − 2-е изд.– М.: Агропромиздат, 1989. – 366 с.
2. *Разин*, *Г.С.* Динамика сомкнутости одноярусных древостоев / Г.С. Разин // Лесоведение. – 1979. − №1. – С. 20-25.
3. *Самойлович*, *Г.Г.* Назревшие вопросы и методы изучения строения полога древостоев / Г.Г. Самойлович // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ, 1973. – С. 186-193.
4. *Бугаев*, *В.А.* Измерение по аэроснимкам сомкнутости полога сосняков ленточных боров Алтая / В.А. Бугаев // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ, 1975. – С. 28-39.
5. *Вавилов*, *С.В.* Взаимосвязь между полнотой, сомкнутостью и другими показателями полога для березняка -черничника / С.В. Вавилов // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ, 1975. – С. 28-31.
6. *Вавилов*, *С.В.* Классы роста и закономерности строения полога березняков Северо-Запада / С.В. Вавилов // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ, 1978. – С. 62-72.
7. *Бузыкин*, *А.И.* Анализ пространственной структуры одновозрастных древостоев / А.И. Бузыкин [и другие] // Структурно-функциональные взаимосвязи и продуктивность фитоценозов: сб. тр. − Красноярск: ИЛиД им. Сукачева АН СССР, 1983. − С. 5-20.
8. *Дмитриев*, *И.Д.* Исследование соотношений между сомкнутостью полога, полнотой и средним расстоянием между деревьями в ельниках Ленинградской и Волгоградской области / И.Д. Дмитриев, А.В. Любимов, С.В. Вавилов // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ, 1978. – С. 42-48.
9. *Петров*, *Я.Я.* Точность разных способов измерения сомкнутости полога насаждений на аэроснимках / Я.Я. Петров // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ, 1981. – С. 140-143.
10. *Сухих*, *В.И.* Аэрометоды в лесоустройстве / В.И. Сухих, Н.Н. Гусев, Е.П. Данюлис. – М.: Лесн. пром-ть, 1977. – 192 с.
11. *Фалалеев*, *Э.Н.* Взаимосвязь полноты и сомкнутости крон древостоев / Э.Н. Фалалеев, А.С. Смольянов, И.М. Данилин // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ, 1984. – С. 3-5.

12. *Данилин*, *И.М.* Определение относительной полноты древостоя через сомкнутость крон / И.М. Данилин // Лесная таксация и лесоустройство: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ, 1986. – С. 47-51.
13. *Вайс*, *А.А.* Динамика ростовых процессов в сосновом древостое: монография / А.А. Вайс. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – 197 с.

УДК 630*174+585.5

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ДЕРЕВЬЕВ В ЧИСТЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

Ю. П. Демаков[1], М. Г. Сафин[2], И. Н. Нехаев[1]
[1] Марийский государственный технический университет
[2] Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»

SPATIAL DISTRIBUTION AND INTERACTION TREES IN PURE PINE STANDS

Yu. P. Demakov[1], M. G. Safin[2], I. N. Nehaev[1],
[1] Mari State Technical University
[2] State Nature Reserve «Big Kokshaga»

Введение. Известно, что пространственная структура биогеоценозов в большинстве случаев неоднородна, представляя собой мозаику биогрупп или парцелл различной величины, густоты и производительности [1-6, 9, 12, 15-17], что вызвано как неоднородностью эдафических условий, так и характером внутриценотических отношений. Не случайно поэтому изучение пространственной структуры древостоя является важнейшей частью биогеоценотических исследований [1, 9, 12], так как она во многом определяет особенности роста и дифференциации деревьев. Несмотря на давний интерес исследователей к этому вопросу, он изучен пока слабо и полученные различными авторами результаты во многом противоречивы. Так, по данным одних авторов [2, 3, 10, 15], взаимовлияние деревьев в ценозе проявляется довольно сильно, что отражается как на их размерах и качестве ствола, так и производительности древостоя в биогруппах. По данным же других авторов [7, 8, 11] взаимное влияние деревьев друг на друга мало и их размеры зависят в большей степени не от площади питания, а от экологической неоднородности биотопа, в пределах которого существуют биологически благоприятные (активные) и неблагоприятные зоны. В благоприятных зонах деревья растут более плотно и крупнее по размерам, а в неблагоприятных – наоборот. Размеры деревьев, произрастающих в активных зонах группами разной густоты, существенно не различаются между собой.

Цель работы – изучение особенностей пространственного распределения деревьев по площади биотопа и проявления микроценотических эффектов (влияния густоты биогрупп на размеры деревьев) в чистых сосняках лишайниково-мшистых.

Объекты и методика. Материал для анализа был собран на семи пробных площадях, заложенных в чистых или с небольшой примесью березы сосняках лишайниково-мшистых, произрастающих на территории ГПЗ «Большая Кокшага» (табл. 1). Пробные площади, рельеф поверхности которых ровный или слабо волнистый, при учете были разбиты на квадраты 5х5 м, что позволило провести подробное картирование древостоя, заключающееся в определении условных координат деревьев (рис. 1), у каждого из которых была измерена с погрешностью ±2 мм длина окружности ствола на высоте 1,3 м и описано состояние жизнеспособности. На основе имеющихся координат деревьев камеральным путем на компьютере в

В оглавление

программе Excel была проведена разбивка пробных площадей на квадраты различного размера, для каждого из которых вычислены основные параметры состояния древостоя (число стволов деревьев, сумма площади их поперечного сечения, средней, минимальный и максимальный диаметр). Для каждого дерева на основе алгоритма, предложенного А.П. Тяберой [14], по программе, разработанной доц. МарГТУ И.Н. Нехаевым, была вычислена площадь питания, представляющая собой многоугольник, форма и размер которого определяются размерами окружающих деревьев и их взаимным положением. Для оценки величины поля влияния деревьев на их окружение был проведен расчет параметров радиальной функции по алгоритму, предложенному О.П. Секретенко [1, 13]. Полученные статистические ряды обработаны стандартными методами с вычислением основных показателей и проведением регрессионного анализа.

Таблица 1

Обобщенные таксационные показатели древостоя на пробных площадях

Номер пробной площади	Размер	Возраст, лет	Состав	Густота, экз./га	Площадь питания дерева, $м^2$	Средний диаметр, см
66-01-95	40х80 м	100	100С	582	17,2	28,1
66-02-95	65х70 м	50-70	98С2Б	480	20,8	28,0
90-03-05	50х60 м	75+(150-220)	92С8Б	1200	8,3	18,1
90-04-05	20х80 м	75	99С1Б	1277	7,8	18,4

Примечание. Древостой на пробной площади 66-01-95 представлен лесными культурами 1905 года; на остальных пробных площадях происхождение древостоев естественное.

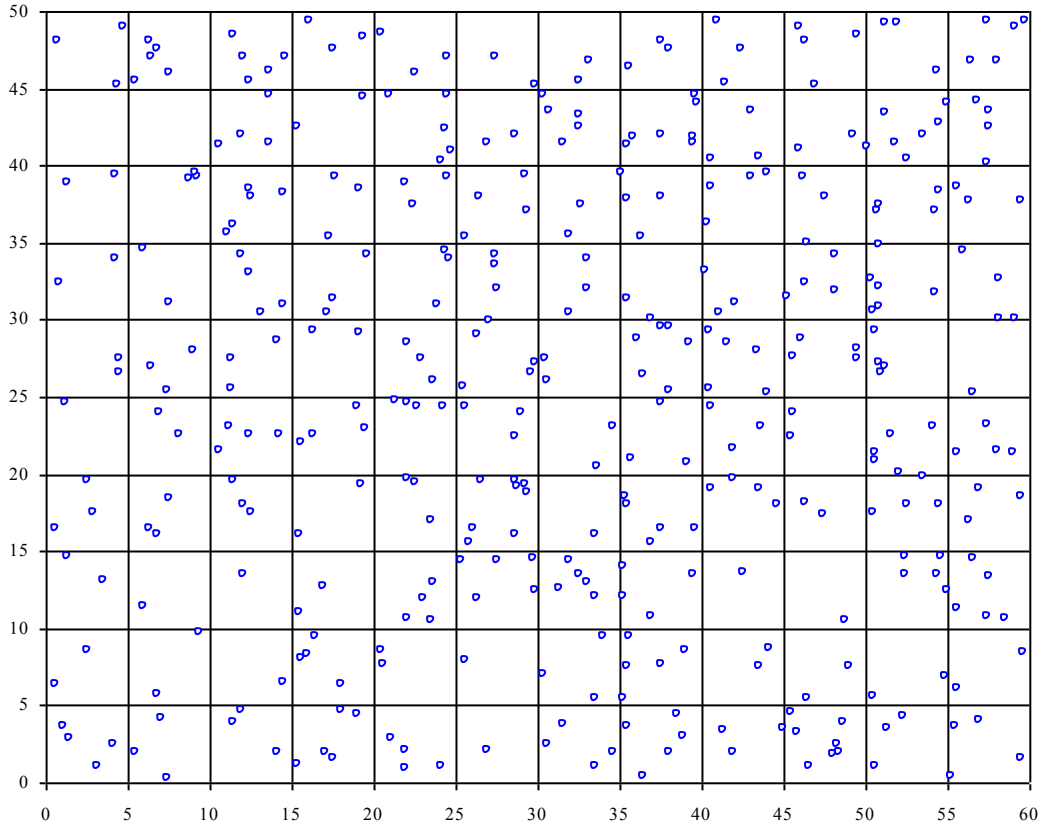


Рис. 1. Пространственное размещение деревьев на пробной площади 90-03-05

Результаты и обсуждение. Деревья, как показали исследования, распределяются в пространстве конкретного биотопа определенным образом, образуя во многих случаях мозаику участков различной густоты и полноты древостоя, а также среднего диаметра стволов (рис. 2), обусловленную как неоднородностью среды, так и отношениями особей. Характер распределения числа деревьев и суммы площади сечения их стволов, описываемый набором статистических показателей, зависит, при этом, от размера учетной площадки (табл. 2 рис. 3, табл. 3).

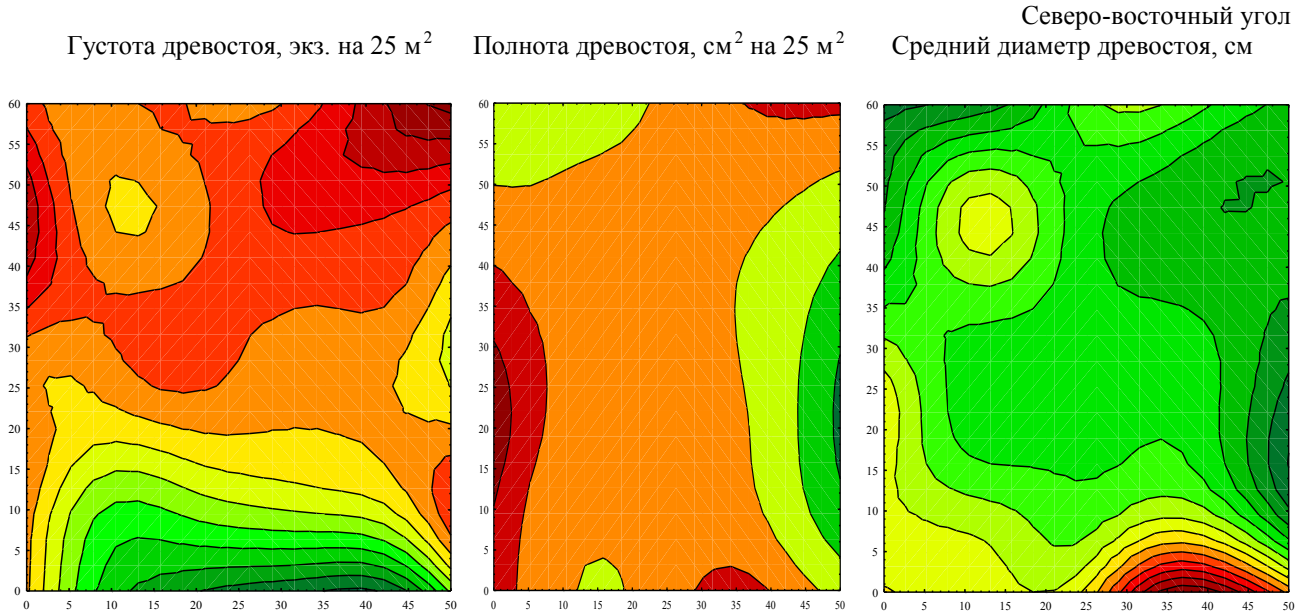


Рис. 2. Изменение густоты и полноты древостоя, а также среднего диаметра деревьев в пределах ППП 90-03-05 при учете на площадках размером 5×5 м

Таблица 2

Статистические параметры распределения числа деревьев (шт.) на площадках разного размера

Номер пробной площади	Размер площадки, м	Значения статистических показателей*							
		N	M_x	min	max	S_x	V	A	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
66-01-95	5x5 м	128	1,40	0	4	0,98	70,3	0,491	-0,188
66-01-95	10x10 м	105	5,65	2	10	1,86	32,9	0,181	-0,608
66-01-95	15x15 м	84	12,69	7	18	2,51	19,8	-0,181	-0,627
66-01-95	20x20 м	65	22,03	15	31	3,33	15,1	0,085	-0,087
66-01-95	25x25 м	48	34,17	28	43	3,90	11,4	0,610	-0,646
66-02-95	5x5 м	182	1,25	0	4	1,02	81,7	0,660	0,098
66-02-95	10x10 м	156	4,96	1	11	1,95	39,3	0,413	0,208
66-02-95	15x15 м	132	11,32	6	20	2,64	23,3	0,382	0,413
66-02-95	20x20 м	110	20,47	14	32	3,22	15,7	0,534	0,759
66-02-95	25x25 м	90	31,88	24	42	3,41	10,7	0,372	0,633
90-03-05	5x5 м	120	3,24	0	8	1,52	47,0	0,497	0,392
90-03-05	10x10 м	99	12,99	5	20	3,24	25,0	-0,209	-0,176
90-03-05	15x15 м	80	29,43	18	37	4,53	15,4	-0,461	-0,123
90-03-05	20x20 м	63	52,86	37	68	6,73	12,7	-0,275	-0,218
90-03-05	25x25 м	48	83,48	63	98	7,65	9,2	-0,661	0,542

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
90-04-05	5x5 м	64	3,50	0	8	1,71	48,8	0,394	0,667
90-04-05	10x10 м	45	13,71	7	20	2,81	20,5	-0,031	-0,330
90-04-05	15x15 м	28	31,00	22	38	4,35	14,0	-0,283	-0,499
90-04-05	20x20 м	13	55,31	46	62	5,07	9,2	-0,593	-0,779

Примечание. Здесь и далее N – число учетных площадок, шт.; M_x , min, max – среднее арифметическое, минимальное и максимальное значения показателей на учетных площадках; S_x – среднее квадратическое (стандартное) отклонение показателей; V – коэффициент вариации показателей, %; A и E – коэффициенты асимметрии и эксцесса рядов значений показателей**.**

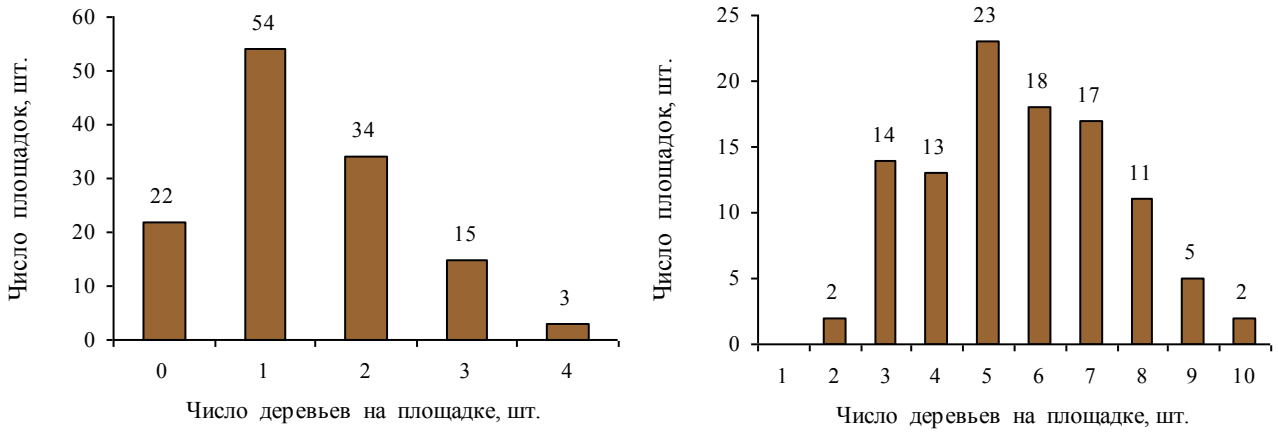


Рис. 3. Гистограммы распределения числа площадок с различным числом деревьев на них на пробной площади 66-01-95 (слева – площадки 5x5 м, справа – 10x10 м)

Таблица 3

Статистические параметры распределения суммы площади сечения стволов деревьев (дм^2) на площадках разного размера

Номер пробной площади	Размер площад-ки, м	Значения статистических показателей							
		N	M_x	min	max	S_x	V, %	A	E
66-01-95	5x5 м	128	8,68	0,00	24,84	6,13	70,7	0,331	-0,552
66-01-95	10x10 м	105	34,82	13,18	63,29	11,07	31,8	0,226	-0,254
66-01-95	15x15 м	84	78,31	46,31	122,25	15,19	19,4	0,166	0,006
66-01-95	20x20 м	65	136,86	90,71	204,20	21,47	15,7	0,669	1,415
66-01-95	25x25 м	48	212,72	178,51	285,96	25,46	12,0	0,909	0,260
66-02-95	5x5 м	182	7,42	0,00	29,92	6,94	93,5	0,878	0,345
66-02-95	10x10 м	156	29,39	2,55	68,36	12,42	42,3	0,560	0,633
66-02-95	15x15 м	132	67,84	28,83	115,28	17,96	26,5	0,247	-0,346
66-02-95	20x20 м	110	123,80	77,15	183,43	22,82	18,4	0,362	-0,179
66-02-95	25x25 м	90	193,39	150,50	264,55	26,45	13,7	0,687	-0,115
90-03-05	5x5 м	120	8,21	0,00	31,89	5,34	65,0	1,542	3,659
90-03-05	10x10 м	99	32,21	12,44	55,72	8,66	26,9	0,333	-0,040
90-03-05	15x15 м	80	74,26	57,18	89,96	7,86	10,6	-0,238	-0,768
90-03-05	20x20 м	63	133,03	112,45	157,43	10,90	8,2	0,346	-0,484
90-03-05	25x25 м	48	206,31	168,25	235,99	15,20	7,4	-0,097	-0,284
90-04-05	5x5 м	64	8,63	0,00	17,75	4,44	51,5	0,104	-0,539
90-04-05	10x10 м	45	33,49	15,63	52,13	7,88	23,5	0,142	0,119
90-04-05	15x15 м	28	75,73	50,55	97,85	11,11	14,7	-0,162	0,025
90-04-05	20x20 м	13	135,66	111,38	162,69	15,50	11,4	0,484	-0,431

В оглавление

Во многих биотопах, особенно на ППП 66-02-95, на микроуровне отмечается биогрупповое размещение, которое с увеличением размера площадок постепенно приближается к случайно-рассеянному или даже равномерному. Установлено при этом, что величины стандартного отклонения и коэффициента вариации зависят не столько от размера площадок, сколько от среднего числа деревьев на них (рис. 4). Наличие тесной связи между данными параметрами позволяет определить по формуле $N = (V/p)^2$ число учетных единиц для достижения требуемой точности оценки густоты древостоя в выделе (табл. 4).

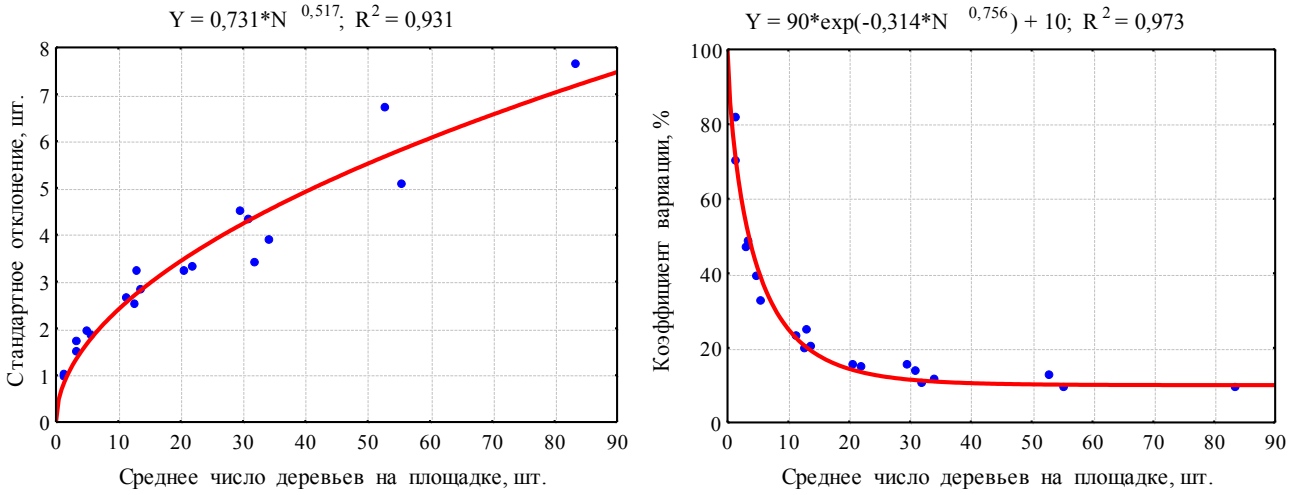


Рис. 4. Зависимость величины стандартного отклонения и коэффициента вариации от среднего числа деревьев на площадке в чистых сосновых древостоях

Таблица 4

Необходимое число учетных площадок для достижения требуемой точности оценки густоты древостоя

Требуемая точность оценки, %	Необходимое число учетных площадок при среднем числе деревьев на них, шт.					
	5	10	15	20	25	30
5	68	25	13	8	6	5
10	17	6	3	2	2	1

Между густотой (N) и полнотой (SG) древостоя на площадке имеется коррелятивная связь, которая теоретически и должна существовать между этими показателями, однако теснота ее и параметры уравнений регрессии на каждой пробной площади сугубо специфические (табл. 5). Наиболее тесная связь между N и SG отмечается на ППП 66-01-95 в культурах 1905 года, где варьирование диаметра деревьев наименьшее. На ППП 90-03-05, где древостой состоит из двух поколений, существенно различающихся по диаметру стволов, эти параметры очень слабо связаны между собой. С увеличением размера учетной площадки теснота связи между густотой и полнотой древостоя во всех биотопах, как это ни парадоксально, неуклонно снижается, т.е. происходит нивелирование величины наличного древесного запаса на единице площади независимо от числа деревьев на ней. Расчеты показали также, что густота древостоев на площадках не оказывала существенного влияния на величину среднего диаметра деревьев на всех пробных площадях, за исключением ППП 90-03-05 (табл. 6, рис. 5 и 6). Не особенно велико и влияние на диаметр деревьев площади их питания (табл. 7). Всё это подтверждает в целом вывод И.С. Марченко [11] о том, что размеры деревьев зависят в большей степени не от внутривидовой конкуренции их за жизненное про-

странство, а от экологической неоднородности биотопа и наличия в них благоприятных и неблагоприятных зон.

Таблица 5

Значения параметров функции, описывающей связь суммы площадей сечения стволов деревьев с их числом на площадках разного размера

Параметр функции	Значения параметров функции $SG = a \times N^b$ для площадок разного размера*				
	5×5 м	10×10 м	15×15 м	20×20 м	25×25 м
Пробная площадь 66-01-95					
a	6,72	7,64	8,94	9,05	9,99
b	0,873	0,874	0,853	0,878	0,866
R^2	**0,858**	**0,819**	**0,807**	**0,764**	**0,704**
Пробная площадь 66-02-95					
a	6,68	6,79	8,18	7,27	6,60
b	0,811	0,898	0,867	0,937	0,975
R^2	**0,638**	**0,631**	**0,560**	**0,622**	**0,610**
Пробная площадь 90-03-05					
a	4,94	18,5	47,6	85,5	127,8
b	0,463	0,219	0,132	0,112	0,108
R^2	**0,152**	**0,047**	**0,041**	**0,032**	**0,020**
Пробная площадь 90-04-05					
a	3,36	4,32	15,5	12,8	-
b	0,777	0,778	0,461	0,588	-
R^2	**0,644**	**0,452**	**0,194**	**0,242**	**-**

Примечание. SG – сумма площади сечения стволов, $м^2$/га; N – густота древостоя, тыс. экз./га.

Таблица 6

Параметры функции, описывающей зависимость среднего диаметра деревьев от их числа на площадках

Параметр функции	Значения параметров функции $D = K \times \exp(-a \times N)$ для площадок разного размера*				
	5×5 м	10×10 м	15×15 м	20×20 м	25×25 м
Пробная площадь 66-01-95					
K	29,1	30,2	30,3	29,8	30,0
a	0,054	0,124	0,136	0,106	0,115
R^2	**0,013**	**0,085**	**0,105**	**0,051**	**0,049**
Пробная площадь 66-02-95					
K	28,1	30,0	29,7	28,7	28,0
a	0,062	0,169	0,145	0,066	0,014
R^2	**0,005**	**0,046**	**0,033**	**0,009**	**0,003**
Пробная площадь 90-03-05					
K	23,0	28,1	28,7	28,5	27,5
a	0,189	0,346	0,356	0,348	0,328
R^2	**0,090**	**0,366**	**0,647**	**0,677**	**0,570**
Пробная площадь 90-04-05					
K	18,9	20,1	23,5	21,8	-
a	0,046	0,094	0,206	0,152	-
R^2	**0,025**	**0,078**	**0,259**	**0,138**	**-**

Примечание. D – средний диаметр деревьев, см; N – густота древостоя, тыс. экз./га.

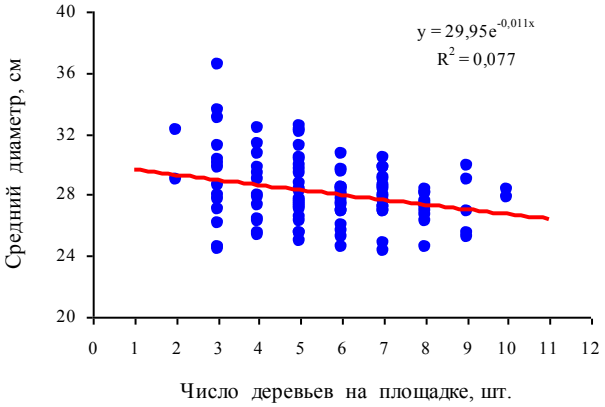


Рис. 5. Влияние густоты древостоя на средний диаметр деревьев на ППП 66-01-95 при учете в площадках 10х10 м

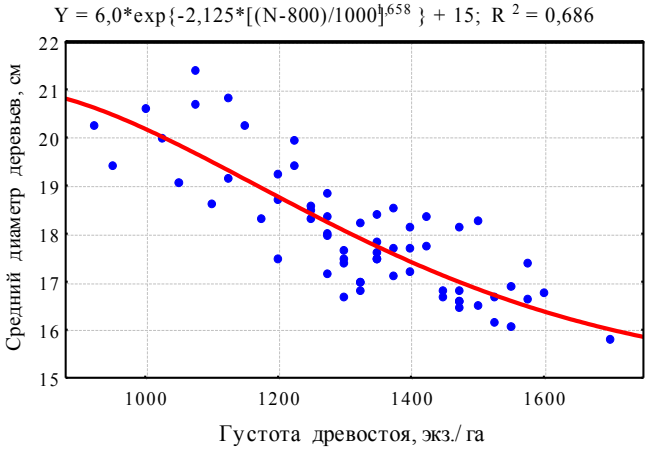


Рис. 6. Влияние густоты древостоя на средний диаметр деревьев на ППП 90-03-05 при учете в площадках 20х20 м

Таблица 7

Параметры функции, описывающей зависимость диаметра деревьев от площади их питания

Параметр функции	Значения параметров функции $D = \times a \times S^b$			
	ППП 66-01-95	ППП 66-02-95	ППП 90-03-05	ППП 90-04-05
a	16,8	10,0	6,12	9,48
b	0,179	0,336	0,506	0,292
R^2	**0,246**	**0,526**	**0,613**	**0,298**

Примечание. D – средний диаметр деревьев, см; S – площадь питания дерева, м^2.

Метод учетных площадок не вполне пригоден для оценки микроценотических эффектов в биотопе. Для этой цели лучше использовать другие подходы и показатели, позволяющие оценивать связь деревьев с их ближайшим окружением. Одним из показателей, отражающих характер взаимодействия между деревьями, является расстояние их до ближайшего соседа. Расчеты показали, что величина этого параметра, варьирующая в биотопах в довольно больших пределах (табл. 8), оказывает существенное влияние на размер деревьев. Характер связи между показателями отображается логистической функцией (рис. 7), показывающей, что с увеличением расстояния между деревьями их диаметр постепенно прекращает увеличиваться и взаимное влияние друг на друга практически полностью исчезает. Об этом же свидетельствует поведение радиальных функций (рис. 8), на основе которых вычислены параметры функции конкурентного давления деревьев на своих соседей по ценозу (рис. 9), имеющей следующий вид:

$$Y = 100 \times \{1 - \exp[-a \times (L - b)]\};$$

$$a = 0{,}76 \times \exp\{-[(D - 10)/21{,}62]^{4{,}145}\} + 0{,}2;\ R^2 = 0{,}988;$$

$$b = 0{,}092 \times \exp[0{,}072 \times (D - 10)];\ R^2 = 0{,}828;$$

где Y − индекс конкурентного давления деревьев на своих соседей по ценозу, %; L − расстояние от дерева, м; D – диаметр дерева, см.

Таблица 8

Статистические параметры рядов распределения расстояния деревьев до их ближайших соседей

Номер пробной площади	Значения статистических показателей*							
	N	M_x	min	max	S_x	V	A	E
66-01-95	177	2,32	0,50	5,06	1,00	43,1	0,484	-0,051
66-02-95	287	2,31	0,18	9,25	1,31	56,7	1,002	2,546
90-03-05	363	1,52	0,36	4,10	0,73	48,0	0,787	0,654
90-04-05	233	1,48	0,50	4,15	0,63	42,9	0,846	1,202

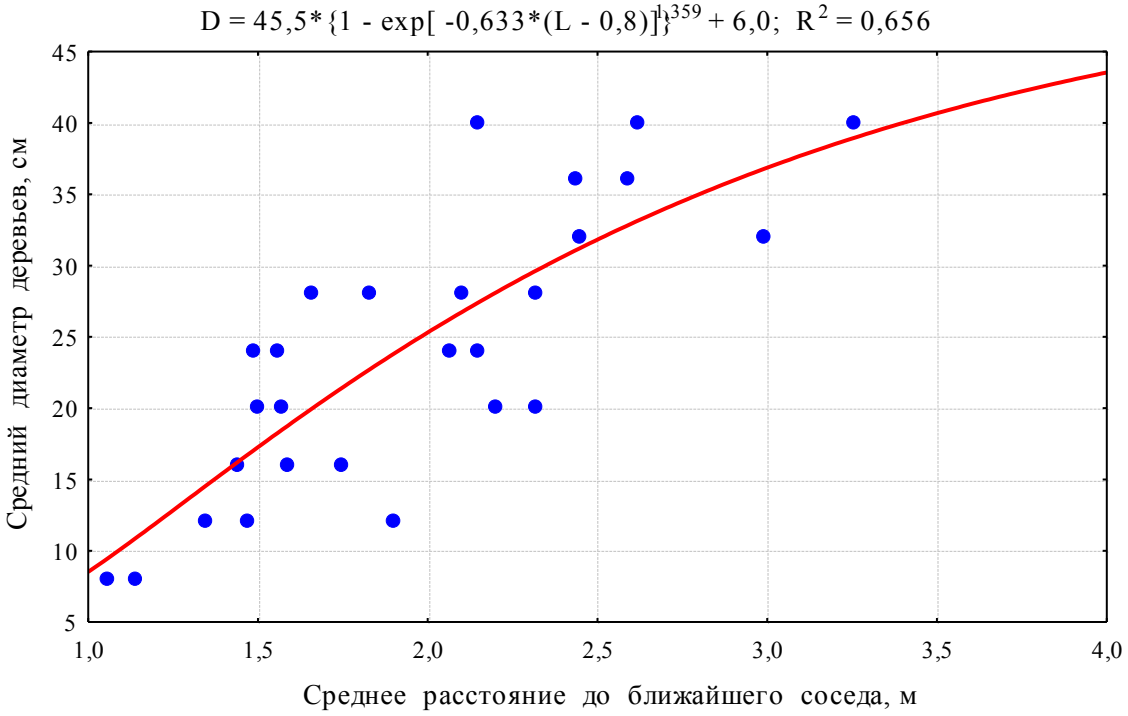


Рис. 7. Влияние расстояния между ближайшими соседями по ценозу на средний диаметр деревьев

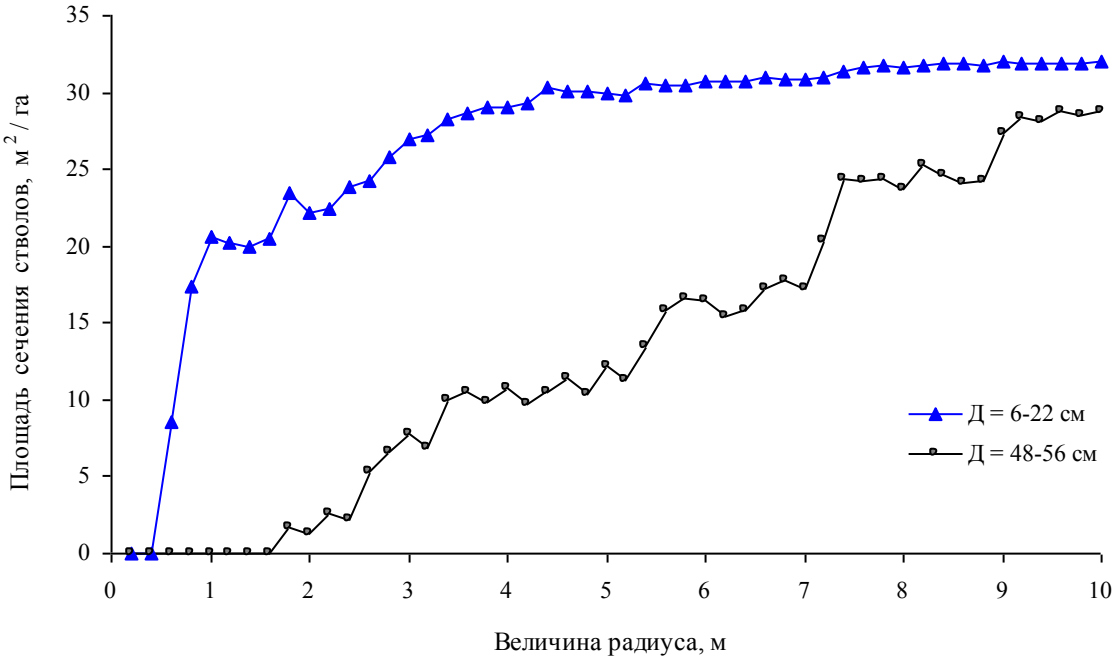


Рис. 8. Радиальные функции деревьев различного диаметра на ППП 90-03-05

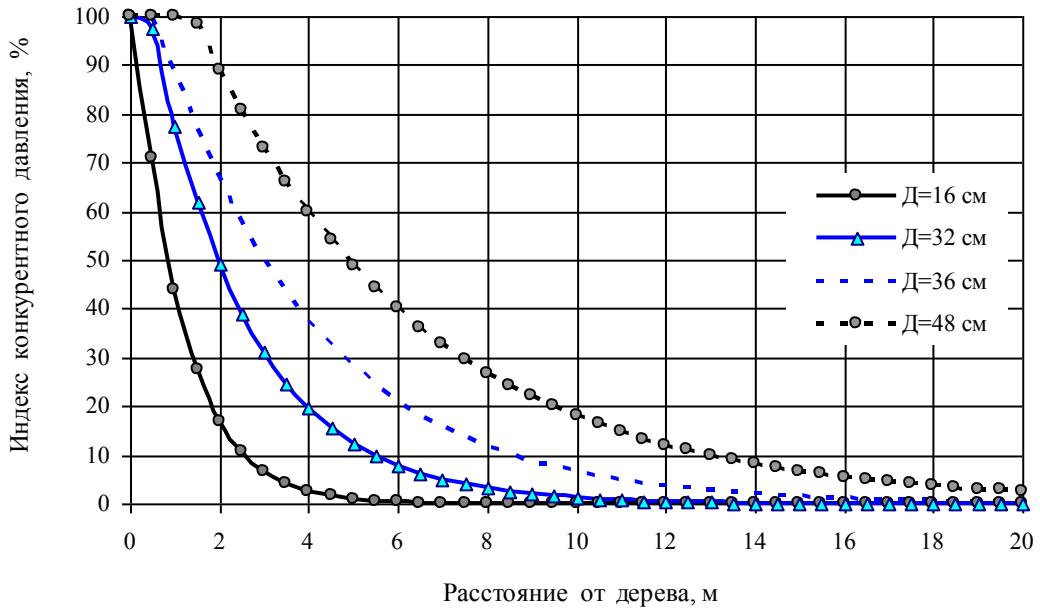


Рис. 9. Кривые конкурентного давления деревьев различного диаметра на своих соседей по ценозу в чистых спелых сосняках лишайниково-мшистых

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

Деревья распределяются в пространстве конкретного биотопа весьма неравномерно, часто образуя мозаику парцелл различной густоты и полноты древостоя, различающихся между собой также по диаметру стволов. Характер распределения числа деревьев и суммы площади сечения их стволов зависит, при этом, от размера учетных площадок, а также от густоты древостоя.

Наиболее информативным показателем степени взаимодействия между деревьями является расстояние их до ближайшего соседа, по мере увеличения которого их диаметр нелинейно возрастает до некоторого вполне определенного уровня.

Размеры деревьев зависят в большей степени не от внутривидовой конкуренции за жизненное пространство, а от экологической неоднородности биотопа и наличии в них благоприятных и неблагоприятных зон.

Библиографический список

1. *Бузыкин, А.И.* Анализ структуры древесных ценозов / А.И. Бузыкин, В.Л. Гавриков, О.П. Секретенко, Р.Г. Хлебопрос. – Новосибирск: Наука, 1985. – 95 с.

2. *Внучков, В.Т.* Горизонтальная структура древостоев сосны Казахского мелкосопочника / В.Т. Внучков // Лесоведение. − 1976. − № 5. − С. 56-62.

3. *Гордина, Н.П.* Пространственная структура и продуктивность сосняков нижнего Енисея / Н.П. Гордина. – Красноярск: ИЛиД, 1985. – 126 с.

4. *Грабарник, П.Я.* Статистический анализ горизонтальной структуры древостоя / П.Я. Грабарник, А.С. Комаров // Моделирование биогеоценотических процессов. – М.: Наука, 1981. − С. 119-135.

5. *Грабарник, П.Я.* Моделирование пространственной структуры древостоев / П.Я. Грабарник // Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах. – М.: Наука, 2007. − С. 132-146.

6. *Грабарник, П.Я.* Анализ горизонтальной структуры древостоя: модельный подход / П.Я. Грабарник // Лесоведение. – 2010. − № 2. − С. 77-85.

7. *Демаков, Ю.П.* Особенности проявления микроценотических эффектов в сложных смешанных древостоях / Ю.П. Демаков, Е.А. Медведкова // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Вып. 4. − Йошкар-Ола, 2009. − С. 124-131.

8. *Демаков, Ю.П.* Особенности проявления микроценотических эффектов в молодняках на олиготрофных болотах Республики Марий Эл / Ю.П. Демаков, М.Г. Сафин // Современные проблемы теории и практики лесного хозяйства. – Йошкар-Ола, 2008. − С. 197-200.

9. *Дылис, Н.В.* О горизонтальной структуре лесных биогеоценозов / Н.В. Дылис, А.И. Уткин, И.М. Успенская // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. – 1964. – Т. 69. – Вып. 4.
10. *Мартынов, А.Н*. Зависимость биометрических показателей сосны от площади питания / А.Н. Мартынов // Лесоведение. – 1976. − № 5. − С. 85-89.
11. *Марченко, И.С*. Биополе лесных экосистем / И.С. Марченко. − Брянск, 1995. – 198 с.
12. *Плотников, В.В*. О горизонтальной структуре древесного яруса лесных сообществ / В.В. Плотников // Лесоведение. − 1968. − № 5. − С. 3-11.
13. *Секретенко, О.П.* Метод анализа пространственной структуры древостоев / О.П. Секретенко // Исследование структуры лесонасаждений. – Красноярск: ИЛиД, 1984. − С. 88-101.
14. *Тябера, А.П.* Площадь роста дерева и ее определение аналитическим способом / А.П. Тябера // ИВУЗ. Лесной журнал. – 1978. − № 2. − С. 12-16.
15. *Тябера, А.П*. Вопросы территориального размещения деревьев в сосновых древостоях / А.П. Тябера // ИВУЗ. Лесной журнал. – 1980. − № 5.– С. 5-8.
16. *Фалалеев,* Э.Н. Густота древостоев и особенности ее определения в сибирских лесах / Э.Н. Фалалеев, Н.П. Гордина // Исследование структуры лесонасаждений. – Красноярск: ИЛиД, 1984. − С. 48-51.
17. *Юкнис, Р.А.* Закономерности пространственного распределения деревьев в сосняках Литовской ССР / Р.А. Юкнис // ИВУЗ. Лесной журнал. – 1973. − № 5. С. 33-37.

УДК 630*245

ИНТЕНСИВНЫЙ УХОД НА БОГАТЫХ ТИПАХ ПОЧВЫ В ПИРОГЕННЫХ БЕРЕЗНЯКАХ СЕМЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

П. В. Алексеев, А. В. Алексеев, О. А. Янышева
Марийский государственный технический университет

INTENSIVE CARE IN THE RICH SOIL TYPES IN THE PYROGENIC BIRCH SEED ORIGINS

P. V. Alekseev, A. V. Alekseev, O. A. Yanysheva
Mari State Technical University

Доля березняков в лесном фонде по Среднему Поволжью составляла в 1975 г. 5,7 млн. га, или 32,1 %. Широко распространены среди них березняки семенного пирогенного происхождения. В сильную засуху 2010 г. сгорели большие площади лесов, на которых начали формироваться пирогенные березняки в разных ландшафтно-типологических условиях. В связи с этим вопросы организации и ведения хозяйства в березняках семенного пирогенного происхождения весьма актуальны.

Организация и ведение хозяйства в березняках должны исходить из закономерностей лесообразовательного процесса. Березовые, еловые и липовые древостои генетически связаны. Исторически лесообразовательный процесс начинался с пожаров. В великие и сильные засухи выгорали огромные площади, которые простирались иногда от одной крупной реки до другой крупной реки. На этих площадях формировались пирогенные древостои, отличающиеся высокой продуктивностью. В зависимости от типов лесорастительных условий и наличия обсеменителей в пирогенных березняках появляется подрост и второй ярус ели, пихты, липы, которые являются резервами будущих еловых и липовых древостоев.

При ведении интенсивного лесного хозяйства необходимо использовать все резервы пирогенных березняков. При проведении ранних интенсивных уходов в пирогенных березняках, особенно в богатых типах лесорастительных условий, можно получать мелкотоварную древесину, которая будет использоваться для глубокой переработки, выращивать крупные бессучковые сортименты и формировать хорошо развитый второй ярус ели и липы.

Идея проведения эксперимента по выращиванию бессучкового фанерного кряжа возникла у П.В. Алексеева в 1952 г., после изучения научного отчета М.Е. Ткаченко, П.Н. Мегалинского «Способы выращивания деловой березы», в котором рассматривались вопросы выращивания бессучкового фанерного кряжа.

В отчете предусматривалось одновременное выращивание березы и ели из второго яруса. Изреживание первого яруса проводилось для ускорения роста второго яруса гнездами. Но рассматриваемые в отчете березняки были сформированы на вырубках с неравномерным размещением куртин ели, сохранившихся после вырубки. В пирогенных березняках с равномерным составом и строением в молодняках и средневозрастных насаждениях ель находится в мелком и среднем подросте. Поэтому изреживание куртинами здесь было нецелесообразно. П.В. Алексеев сделал заключение о возможности проведения в таких древостоях равномерного интенсивного ухода с проведением обессучивания для выращивания бессучкового фанерного кряжа. Такой вид ухода он посчитал целесообразным в наиболее богатых типах леса, в которых рост березы более интенсивный и можно получить более крупные сортименты.

При интенсивном уходе предполагалось улучшение условий роста как для оставляемых лучших стволов березы, так и для формирования второго яруса ели, липы и пихты. При проведении валки отставших в росте деревьев происходило обламывание сучьев у оставшихся деревьев будущего. Оставшиеся сучки предполагалось удалить для более быстрого их зарастания и увеличения толщины бессучковой древесины.

Подобрать для эксперимента участок П.В. Алексееву удалось только 1956 г. Предполагаемый для закладки эксперимента участок находился в Кортинском лесничестве Учебно-опытного лесхоза Марийского государственного технического университета на месте гарей 1938 г. В 1956 г. этот участок был обследован, его таксационные показатели были следующие: запас – 95 м^3, полнота – 1,0, средний диаметр основного полога – 6,4 см и средняя высота – 12,4 м. Под пологом молодняка появился мелкий (4-7 лет) и средний (11-14 лет) подрост ели и пихты, а также (3-5-летний) самосев липы и клена.

Пирогенный березняк на этих пробах был типичен по высокой густоте и строению: из общего числа 6 тыс. деревьев на гектаре на тонкомерную подчиненную часть приходилось 2,8 тыс. стволиков. При хорошей сомкнутости березки очистились от сучьев на высоту 5-7 м. Однако на некоторых стволиках на высоте 1-4 м часть мертвых сучков торчали тонкими шпильками и начали обрастать древесиной.

Предполагалось провести несколько вариантов рубок ухода разной интенсивности. В 1956 г. было заложено две постоянные пробные площади: с высокой интенсивностью ухода и контроль.

На участке с высокой интенсивностью ухода в 1956 г. были отобраны и окрашены 907 перспективных деревьев на гектар, толще среднего диаметра. Эти стволы правильной формы составляли 16 % по числу деревьев и 46 % по запасу древостоя. На них были убраны шестом оставшиеся сухие сучки на высоту 5-7 м. Полог березы оставался сомкнутым еще на 5 лет. К 1961 г. перспективные деревья очистились естественным путем от сучьев на высоту 7-9 м. Следует отметить, что для борьбы с корневыми отпрысками отдельные осины были окольцованы за 5 лет до интенсивного ухода.

После этого в 23-летнем древостое в 1961 г. на секции с интенсивным уходом были проведены мероприятия по освобождению перспективных деревьев. Основной полог березняка имел средний диаметр 8,3 см, средняя высота 14,5 м, запас 144 м^3/га. Рубка проводилась без клеймения: окрашенные перспективные деревья были сохранены, неокрашенная подчинен-

ная часть и искривленные отдельные березы из основного полога были вырублены. Интенсивность рубки по числу стволов составила 84 %, а по запасу 54 %. Оставшиеся после рубки перспективные деревья березы просматривались лучше: их стволы были хорошо очищены от сучьев, но отдельные сухие сучки и зеленые ветки все же оставались ниже начала основной кроны. Их срезали ножом «Риче» на высоту 8-10 м.

В течение времени на секции интенсивного ухода происходило нарастание бессучковой древесины по радиусу. Улучшалось формирование 2-го яруса из ели и семенной липы с кленом. Последние стали быстрее расти и начали угнетать подрост ели. Поэтому пришлось вырубать липки около елочек. Кроны деревьев будущего стали постепенно смыкаться.

В 1976 г. потребовался второй уход с вырубкой 35 м^3/га, интенсивностью 14,6 %, а через 32 года после начала исследования (в 1988 г.) − третий уход с выборкой 29 м^3/га, интенсивностью 8,6 %. Таким образом, за два последующих ухода по низовому способу было вырублено 64 м^3, за 46 лет – 142 м^3 на гектар угнетаемых тонкомерных стволов березы. В 2002 г. на секции интенсивного ухода были срублены три модели общим объемом 3,5 м^3, что на один гектар составило 22 м^3 (табл. 1).

Учитывая результаты после интенсивного специализированного ухода, в 1967 г. были расширены исследования с целью выявления оптимальных режимов. Была заложена третья постоянная пробная площадь. Был поведен уход умеренной интенсивности в 29-летнем возрасте древостоя. Предварительно за 5 лет из древостоя была удалена примесь осины и ивы во избежание их поросли после ухода. В 1967 г. низовым методом было выбрано 71 м^3/га с интенсивностью ухода 30 %. Второй уход сделан в 1975 г. в 37-летнем возрасте с выборкой 33 м^3/га, а третий − в 1988 г. в возрасте 50 лет с выборкой 40 м^3/га. Интенсивность ухода была ниже: у второго − 9,5 %, у третьего − 11,3 %.

Всего за три приема было вырублено 144 м^3/га, т.е. на 20 м^3 меньше, чем на секции интенсивного ухода. Разница была в первом приеме: на секции интенсивного ухода было взято в 23 -летнем возрасте 54 %, а на секции умеренного ухода на 6 лет позже − 30 % (табл. 1).

Из-за большой выборки на секции интенсивного ухода наличный запас вначале был меньше, чем на секции умеренного ухода. Но потом он сравнивается и перегоняет запас второй секции. Близкие соотношения наблюдаются по эффективной продуктивности и потенциальной производительности.

Изменения текущего прироста на секции интенсивного ухода аналогичны изменениям потенциальной производительности: текущий прирост сначала ниже, потом догоняет и перегоняет прирост на секции умеренного ухода. На контроле текущий прирост близок с секциями ухода примерно до 30 лет; после этого из-за нарастания угнетения и сухостоя он существенно снижается. Все это подтверждает увеличение прироста рубками ухода. Возраст количественной спелости у пирогенного кленово-липового березняка (Д2) наступает на контроле в 50 лет, а на секциях ухода в 60 лет (табл. 2).

По результатам исследования можно сказать, что уходы разной интенсивности за перспективными деревьями будущего увеличили эффективную производительность пирогенного березняка. Более эффективным оказался интенсивный уход. На секциях с уходами разной интенсивности были улучшены условия для формирования подроста и второго яруса ели и липы с участием клена. Интенсивный специализированный уход с дополнительным осветлением подроста ели улучшил состав 2-го яруса: участие ели и ее запас увеличились в 2 раза. Специализированные рубки ухода рекомендуются в пирогенных березняках высокой производи-

Таблица 1

Наличный запас, выборка, эффективная продуктивность, отпад, потенциальная производительность прореженных березняков специализированного ухода разной интенсивности сравнительно с контролем (в м^3 на гектар и процентах)

Наименования	Интенсивный уход						Контроль						Умеренный уход					
Год исслед-я	1956	1961	1967	1976	1988	2002	1956	1961	1967	1976	1988	2002	1956	1961	1967	1975	1988	2002
Возраст	18	23	29	38	50	64	18	23	28	38	50	64	18	23	29	37	50	64
Наличный запас	95 110	66 49	131 69	232 88	348 101	393 107	86 100	136 100	190 100	264 100	346 100	367 100	102 119	156 115	164 86	221 84	352 102	366 100
Сумма выборки		78	78	113	144	164									71	104	144	144
Эффективная продуктив-ть	95 110	144 106	209 110	345 131	492 142	557 152	86 100	136 100	190 100	264 100	346 100	367 100	102 119	156 115	235 124	325 123	496 143	510 139
Сумма отпада		4	4	4	6	22		3	15	48	52	102		5	18	18	22	44
Потенциальная производит-ть	95 110	148 106	213 104	349 170	498 125	579 123	86 100	139 100	205 100	312 100	398 100	469 100	102 119	161 116	253 123	343 110	518 130	554 118

Таблица 2

Потенциальная производительность и приросты прореженных березняков и на контроле (в м^3 на гектар)

Интенсивный уход					Контроль					Умеренный уход				
год	возраст, лет	потенциальная производительность	приросты		год	возраст, лет	потенциальная производительность	приросты		год	возраст, лет	потенциальная производительность	приросты	
			средний	текущий				средний	текущий				средний	текущий
1956	18	95	5,3		1956	18	86	4,8		1956	18	102	5,8	
1961	23	148	6,4	10,6	1961	23	136	6,0	10,6	1961	23	161	7,0	11,8
1967	29	213	7,3	10,8	1966	28	205	7,3	13,2	1967	29	253	8,7	13,3
1976	38	321	8,4	12,0	1976	38	312	7,9	8,0	1975	37	343	8,7	11,2
1988	50	466	9,3	12,1	1988	50	398	8,0	7,2	1988	50	478	9,6	11,9
2002	64	557	8,7	6,5	2002	64	469	7,3	5,1	2002	64	554	8,6	5,4

В оглавление

тельности для лесхозов интенсивного хозяйства, особенно в высокопроизводительных древостоях на останцевых холмах и грядах.

Работа по инвентаризации данных проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Библиографический список

1. *Алексеев*, *П.В.* 15-летний опыт специализированного ухода за высококачественной березой в семенных елово-березовых древостоях / П.В. Алексеев // Сб. по обмену произв. и науч. опытом. − Йошкар-Ола, 1976. − Вып. 8. − С. 5-9.

2. *Денисов*, *С.А.* Березняки Среднего Поволжья (биология, экология и комплексное хозяйство в березняках из B. pendula Roth, и B. pubescens Erch.): автореф. дис.... д-р. с.-х. наук. − Йошкар-Ола, 1999. − 36 с.

3. *Ткаченко*, *М.Е.* Способы выращивания деловой березы: рукопись науч. отчета по ЛТА им. С.М. Кирова / М.Е. Ткаченко, П.Н. Мегалинский. − 1948. − С. 91-92.

4. *Чистяков*, *А.Р.* О влиянии искусственного удаления отмерших сучков на улучшение качества древесины лиственных пород / А.Р. Чистяков, Л.Г. Алексеева, Т.М. Лебедева // Сб. тр.ПЛТИ. − Йошкар-Ола, 1958. − №53. − С. 87-95.

УДК 630*181.8:582.632.2

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФЕНОСПЕКТРОВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕТА 2011 ГОДА ПО СРАВНЕНИЮ С АНОМАЛЬНО ЖАРКИМ ЛЕТОМ 2010 ГОДА

С. В. Кириллов, Э. П. Лебедева, А. С. Яковлев, В. Г. Краснов
Марийский государственный технический университет

VARIATION OF OAK FENOSPECTRUM IN SUMMER 2010 VERSUS ABNORMALLY HOT SUMMER OF 2010

S. V. Kirillov, E. P. Lebedeva, A. S. Yakovlev, V. G. Krasnov
Mari State Technical University

Введение. Многие ученые в своих работах отмечают изменение климата на Земном шаре. Одним из способов определения этих изменений являются фенологические наблюдения. Фенологические наблюдения и прогнозы − наблюдения за сезонными явлениями и процессами в жизни растений и животных и предсказание сроков их наступления. В зависимости от области применения фенология выполняет различные задачи [3].

Древесные виды проходят соответствующую фенофазу в свой оптимальный срок, который для каждого отдельного вида всегда представляет собой компромисс между наследственными задатками и теми условиями, в которых вид произрастает. Изучение фенологии может быть средством к отысканию зависимостей между развитием растений и факторов, обусловливающих это развитие.

Цель работы. Выявить особенности прохождения фенофаз дуба черешчатого в зависимости от температурных перепадов в разные годы.

Решаемые задачи. Выявить отклонения скорости прохождения фенофаз за 2010 и 2011 годы.

Методика исследования. Объектом исследований явились лесные культуры дуба черешчатого, созданные в 1951 году под руководством доцента Г.К. Незабудкина в квартале 62, выделе 11 Кортинского лесничества Учебно-опытного лесхоза МарГТУ.

При исследовании использовалась методика кафедры лесной селекции [2] и рекомендации Булыгина Н. Е. [1] . Ежедневно с начала вегетационного периода отмечалась среднесуточная температура окружающего воздуха, находилась сумма положительных температур, начиная от +5 °С, ежедневно отмечались фазы роста листьев и побегов. На основании полученных данных построены графики (рис. 1 и 2).

Интерпретация результатов. Исследование температур воздуха за май 2010 и 2011 годов показало, что 2010 году температура воздуха в мае (в начале вегетационного периода) была значительно выше, чем в 2011 году (рис. 1). Это привело к быстрому накоплению сумм положительных температур за этот месяц (табл. 1). Данные изменения повлияли на смещение фенофаз дуба черешчатого в сторону их уменьшения.

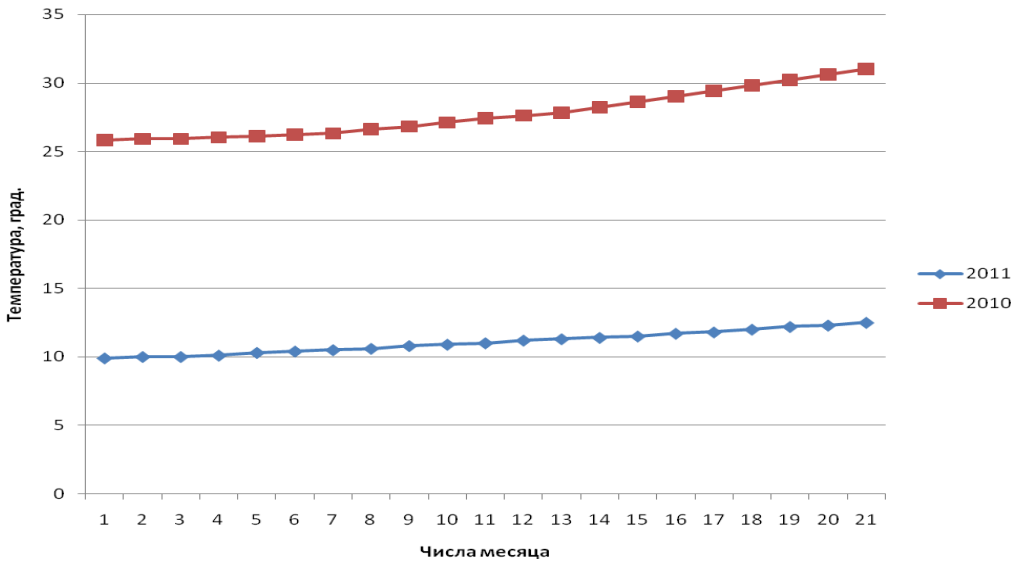


Рис. 1. Выровненная климатограмма за май 2010 и 2011 гг. по г. Йошкар-Ола

Из рис. 1 видно, что в 2010 году среднесуточная температура воздуха была значительно выше, чем в 2011 году. Данная тенденция продолжалась до конца месяца.

Таблица 1

Сумма положительных температур за 2010 и 2011 гг.

Дни месяца	Сумма положительных температур	
	2010 г.	2011 г.
1	2	3
01.05	165	85
02.05	191	96
03.05	217	107
04.05	243	119
05.05	269	130
06.05	295	141
07.05	321	154
08.05	348	166
09.05	375	179
10.05	402	189
11.05	429	199
12.05	457	205
13.05	485	218

Окончание табл. 1

1	2	3
14.05	513	225
15.05	541	234
16.05	570	244
17.05	600	257
18.05	630	270
19.05	660	289
20.05	690	298
21.05	721	315

Из табл. 1 видно, что сумма положительных температур в мае 2010 года была значительно больше показателя 2011 года. В целом к 21 мая 2010 года данный показатель превышает данные 2011 года почти в два раза.

Эти климатические изменения повлияли на скорость прохождения фенофаз у деревьев дуба черешчатого в черте города Йошкар-Ола. Набухание почек у дуба в 2010 и 2011 годах проходило в одно и то же время (4 мая), но все последующие фазы проходили в разные календарные сроки, что видно на рис. 2. По итогам наблюдения прохождений фенофаз нужно отметить, что в 2010 году рост листьев дуба завершился на две недели раньше, чем в 2011 году.

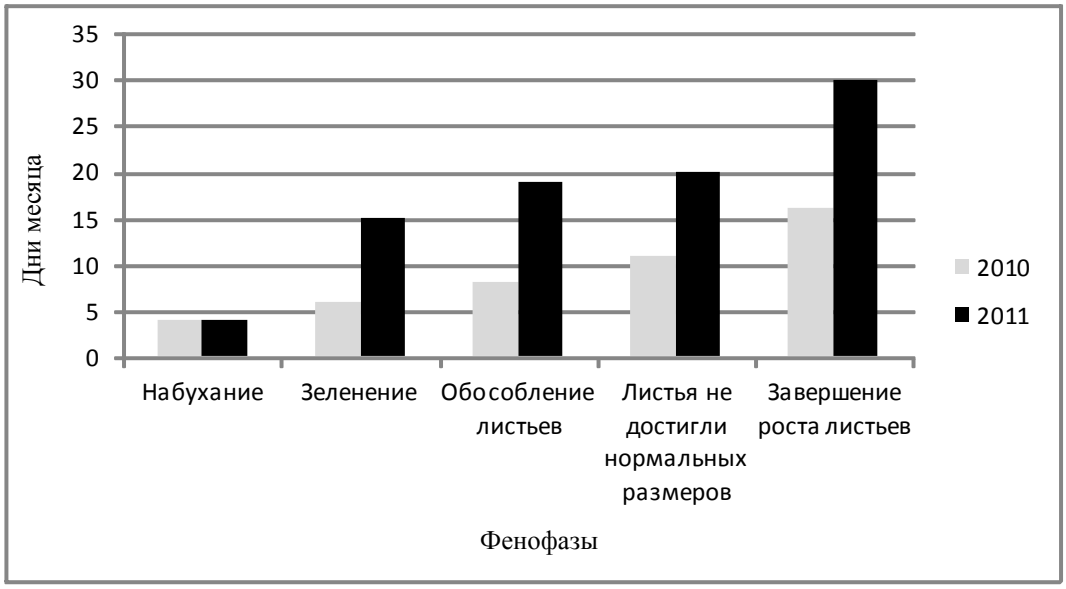


Рис. 2. Феноспектры дуба черешчатого 2010 и 2011 гг. по г. Йошкар-Ола

Выводы. Наши исследования показали, что в 2010 году фазы роста дуба черешчатого прошли намного быстрее, чем в 2011 году. Эти данные отличаются от многолетних данных роста дуба черешчатого в условиях Республики Марий Эл. Влияние аномальной жары на рост и состояние дубрав требует дальнейших исследований.

Библиографический список

1. *Булыгин, Н.Е.* Дендрология /Н.Е. Булыгин. − Л.: Агропромиздат, 1991. − 352 с.

2. Дендрология. Фенология: методические указания к учебной практике по дендрологии для студентов по направлению подготовки 656200 − Лесное хозяйство и ландшафтное строительство (специальности 260400 и 260500) / А.В. Алексеев, Э.П. Лебедева, В.И. Пчелин, Н.А. Соколова. − Йошкар-Ола, 2001. − 24 с.

3. Сельское хозяйство. Большой энциклопедический словарь / редкол.: В. К. Месяц (главный редактор) и др. − М.: НИ «Большая Российская энциклопедия», 1998. − 656 с: ил.

УДК 630*52:630*174.754

ОЦЕНКА И КАРТИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА В СРЕДЕ NATURAL (НА ПРИМЕРЕ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА)

М. П. Воронов, В. А. Усольцев, Е. В. Кох, А. Т. Мезенцев, В. В. Крудышев, И. С. Лазарев, Д. В. Чендарев, Н. В. Сенчило
Уральский государственный лесотехнический университет

ESTIMATING AND MAPPING BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF FOREST COVER IN THE NATURAL S OFTWARE (ON AN EXAMPLE OF THE URAL REGION)

M. P. Voronov, V. A. Usoltsev, E. V. Koch, A. T. Mezentsev, V. V. Krudyshev, I. S. Lazarev, D. V. Chendarev, N. V. Senchilo
Ural State Forest Engineering University

Оценка углерододепонирующей способности лесного покрова в связи с обязательствами по Киотскому протоколу сегодня является одной из насущных проблем. Специфика российского лесоустройства позволяет выполнять оценку углерододепонирующей способности лесного покрова путем совмещения многофакторных регрессионных моделей фитомассы и чистой первичной продукции (ЧПП) с данными Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ). В качестве исходной (базовой) единицы расчетов принята территория отдельного лесничества, или бывшего лесхоза. Все использованные нами материалы ГУЛФ относятся к периоду до реструктуризации лесного хозяйства России, когда исходной единицей лесоинвентаризации был лесхоз, а не нынешнее лесничество. Поэтому мы используем термин «лесничество», имея в виду, что количественные показатели лесоинвентаризации в действительности соответствуют территориям в границах бывших лесхозов.

Разработан расчетный алгоритм [1], позволяющий оценить запасы углерода и его годичное депонирование на лесопокрытой площади 106 млн га для 305 лесничеств Уральского региона (Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа, Республика Коми, Тюменская, Свердловская, Челябинская, Курганская, Оренбургская области, Пермский край и Башкирия), площадь которого составляет 16 % от общей территории России. В основе расчетного алгоритма лежит процедура совмещения баз данных фитомассы и ЧПП с базой данных ГУЛФ. Первые две включают в себя полученные на пробных площадях количественные показатели фитомассы и ЧПП, а также некоторый набор таксационных показателей, определяющих морфоструктуру насаждений. Последняя теоретически определяет фракционную структуру их фитомассы и ЧПП. Данные ГУЛФ содержат информацию о морфоструктуре насаждений, составляющих лесопокрытую площадь лесничества.

Задача состоит в нахождении регрессионных зависимостей между фитомассой и ЧПП, с одной стороны, и морфоструктурой насаждений – с другой. Путем ввода в полученные зависимости информации о морфоструктуре насаждений из базы данных ГУЛФ получаем возможность экстраполяции данных фитомассы и ЧПП, полученных на пробных площадях, на лесопокрытую площадь территориального образования. Под морфоструктурными показателями в данном случае понимаются структурированные данные ГУЛФ, представленные в

виде двухвходовых матриц, т.е. распределений лесопокрытых площадей по запасам стволовой древесины и группам возраста каждой лесообразующей породы. С учетом возраста главной рубки, назначенного лесоустройством по каждой породе, группы возраста идентифицированы классами возраста.

В результате такой экстраполяции составлены карты-схемы распределения углеродного пула и годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений по лесничествам. Значения фитомассы и ЧПП переведены в показатели соответственно углеродного пула и годичного депонирования углерода по коэффициенту 0,5 [2]. Общий углеродный пул фитомассы лесов региона составил 4556 млн. т, а годичное депонирование углерода в фитомассе − 271 млн. т. Составленные карты-схемы охватывают природные подзоны от лесотундры до степи и демонстрируют повышение углеродного пула и годичного депонирования углерода в фитомассе лесов в направлении от лесотундры к южной тайге и последующее снижение в лесостепи (табл. 1).

Таблица 1

Распределение по зональному градиенту запаса углерода и его годичного депонирования в фитомассе насаждений покрытых лесом площадей Уральского региона

Природные зоны и подзоны	Запас углерода в фитомассе, т/га	σ запаса углерода, т/га	Годичное депонирование углерода, т/га	σ годичного депонирования углерода, т/га
Лесотундра	10,1	±3,2	0,51	±0,12
Северная тайга	23,8	±10,5	1,23	±0,56
Средняя тайга	36,7	±11,5	2,07	±0,68
Южная тайга	52,2	±13,5	3,67	±0,84
Предлесостепь и лесостепь	38,9	±13,0	2,90	±0,95

Примечание. Символом σ обозначено среднеквадратическое отклонение.

Изложенный расчетный алгоритм состоит из нескольких блоков, связанных между собой информационными потоками огромных и не всегда согласованных между собой цифровых массивов. Поэтому реализация расчета и актуализация его результатов является чрезвычайно громоздкой и трудоемкой процедурой даже при использовании современной вычислительной техники. Вместе с тем необходимость актуализации полученных результатов по оценке углерододепонирующей способности лесного покрова очевидна.

Во-первых, совершенствуются методические подходы к названной проблеме: если в 1960-1990-е гг. оценки депонирования углерода различались на порядок, то результаты исследований последних лет различаются уже на уровне нескольких процентов [3]. По мере совершенствования методик расчетов меняются и их алгоритмы.

Во-вторых, происходит непрерывное накопление информации о запасах фитомассы и ЧПП на пробных площадях, в результате чего закрываются многочисленные «белые пятна» и появляется возможность уточнения результатов. Если первая опубликованная нами сводка данных о фитомассе насаждений [4] включала в себя около 5 тыс. определений, то последняя версия [5] содержит уже 8 тыс. данных пробных площадей, и процесс накопления подобной исходной информации будет продолжаться.

В-третьих, необходима и до недавнего времени успешно осуществлялась периодическая актуализация второго исходного информационного блока – базы данных ГУЛФ. На сегодня это большая и пока не решенная проблема в связи с реструктуризацией лесного хозяйства. База данных ГУЛФ практически не обновляется в течение последнего десятилетия, и пред-

стоит ее не просто актуализировать, но и реструктурировать в связи с изменением границ и количественных характеристик лесфонда нынешних лесничеств.

Наконец, сегодня уже на государственном уровне признано, что традиционная «бумажная» информатика полностью исчерпала себя и необходим переход к безбумажной информатике, на чем академик В.М. Глушков настаивал еще в 80-х гг. прошлого столетия [6].

Поэтому нами предпринята попытка перевести наш расчетный алгоритм в формат информационной системы средствами СУБД и ГИС. Выбор был сделан в пользу СУБД ADABAS с редактором приложений Natural. СУБД ADABAS (сокр. от: Adaptable DAta BAse System) является программным продуктом фирмы Software AG, впервые вышедшим на рынок систем обработки данных в 1969 г. Этот продукт известен специалистам в России как высоконадежная и чрезвычайно производительная СУБД для создания и эксплуатации больших баз данных на мейнфреймах [7]. Однако до сих пор она не была задействована не только в решении проблем оценки углерододепонирующей способности лесов, но и вообще в решении каких-либо задач лесного комплекса.

Нами принята схема реализации расчетного блока, показанная на рис. 1.

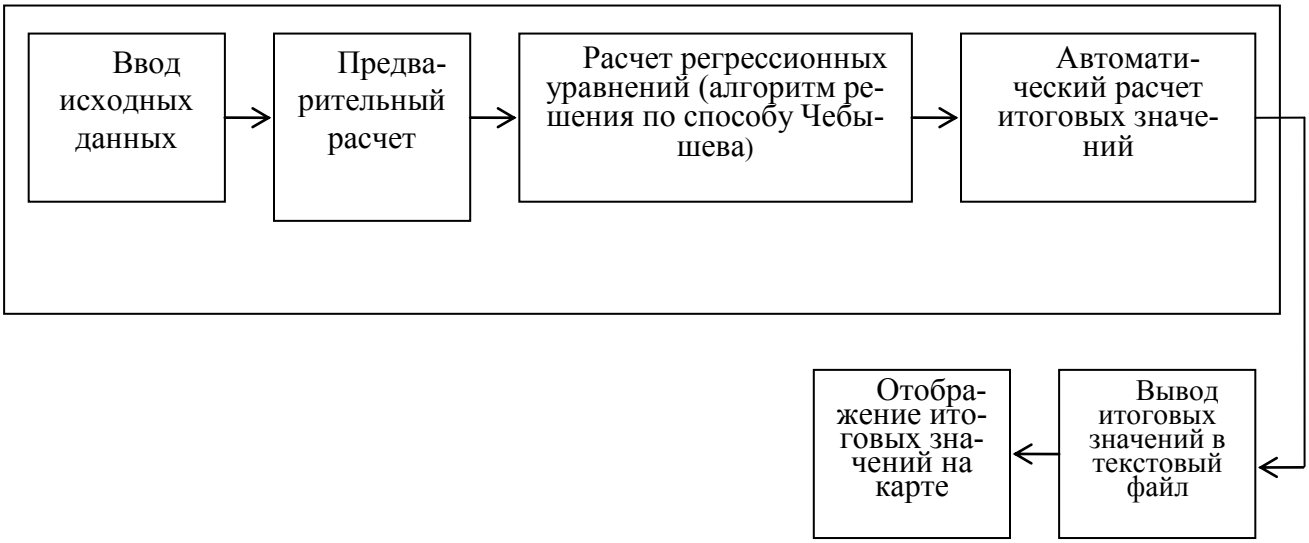


Рис. 1. Схема реализации аналитического блока системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами

Структура и взаимосвязи элементов созданной информационной системы отражены на схеме (рис. 2). Вызов всех элементов информационной системы осуществляется из Главного управляющего приложения (рис. 3).

На рис. 3 показаны созданные шесть типовых отчетных форм, при помощи которых оценивается углерододепонирующая способность лесов в Уральском регионе. Эти отчеты формируются на основе шести основных запросов к Базам данных системы. Запуск запросов производится из Главного управляющего приложения.

Для вывода итоговых данных на интерактивную карту принята ГИС «Карта 2008» версия 10.5.2, с помощью которой созданы две карты лесничеств по Уральскому региону: для отображения значений фитомассы и ЧПП [8]. В каждой карте задается по одному слою для каждой из 10 пород, по одному слою для отображения суммарных значений фитомассы и ЧПП. На карте для каждого лесничества создается системный объект, отображающий границы лесничества. Каждая из карт содержит по 12 слоев, включая системный слой, содержащий си-

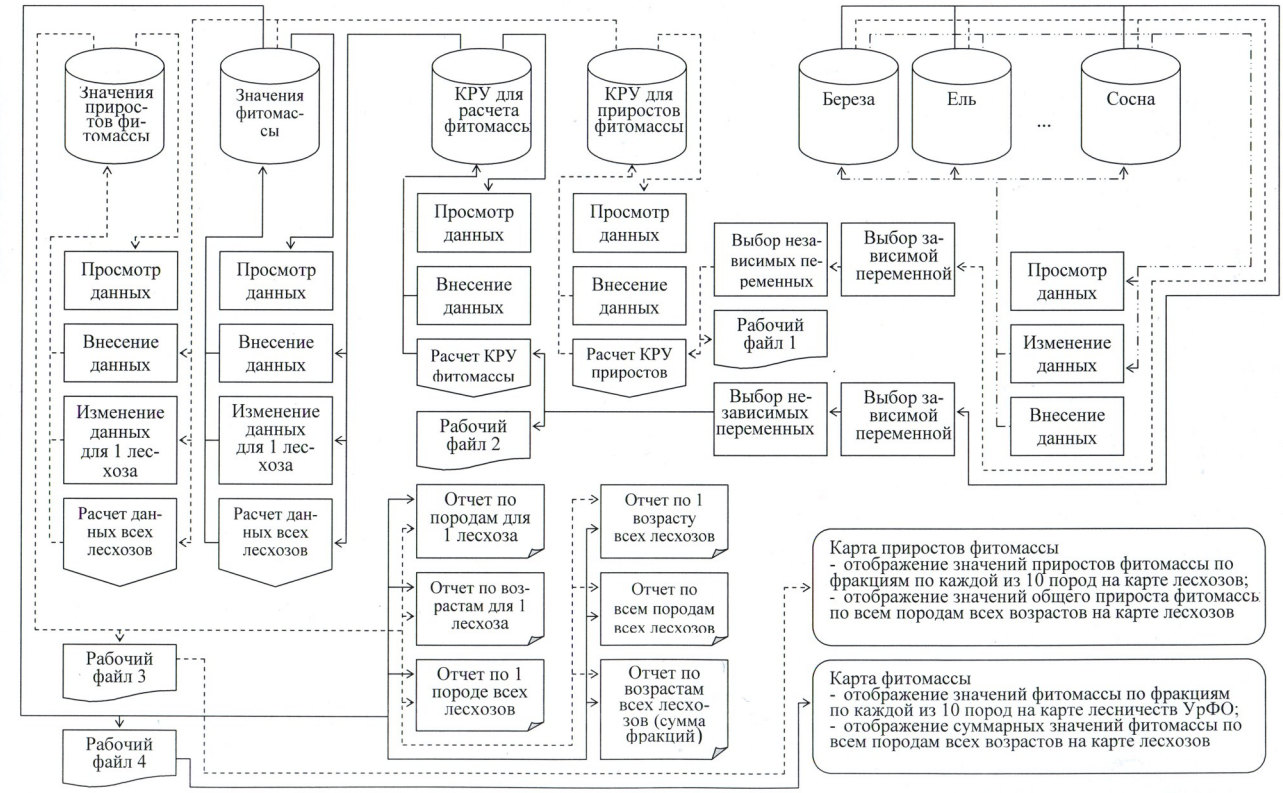


Рис. 2. Структура и взаимосвязи элементов информационной системы

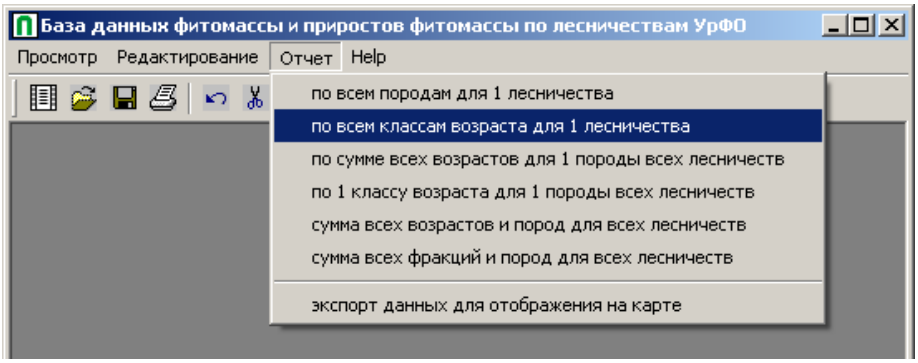


Рис. 3. Запуск запросов и формирования отчетов

стемные объекты. Информация о фитомассе и ЧПП для древесных пород и лесничеств доступна при перемещении по соответствующим слоям карты при помощи поля со списком (рис. 4).

Результирующее отображение значений на карте показано на рис. 5. При двойном щелчке мыши в границах любого лесничества вызывается информационный диалог, в котором представлены название лесничества, соответствующие ему значения фитомассы и ЧПП по фракциям для каждой из пород, а также информация о координатах границ лесничества, его площади и периметра.

Заключение

Таким образом, на примере Уральского региона разработан алгоритм совмещения баз данных о фитомассе и чистой первичной продукции (ЧПП) насаждений лесообразующих пород со структурой данных ГУЛФ, в результате чего на лесопокрытой площади 106 млн. га от лесотундры Ямала до степей Южного Урала установлен общий углеродный пул фитомассы лесов 4556 млн. т и годичное депонирование углерода в фитомассе 271 млн. т.

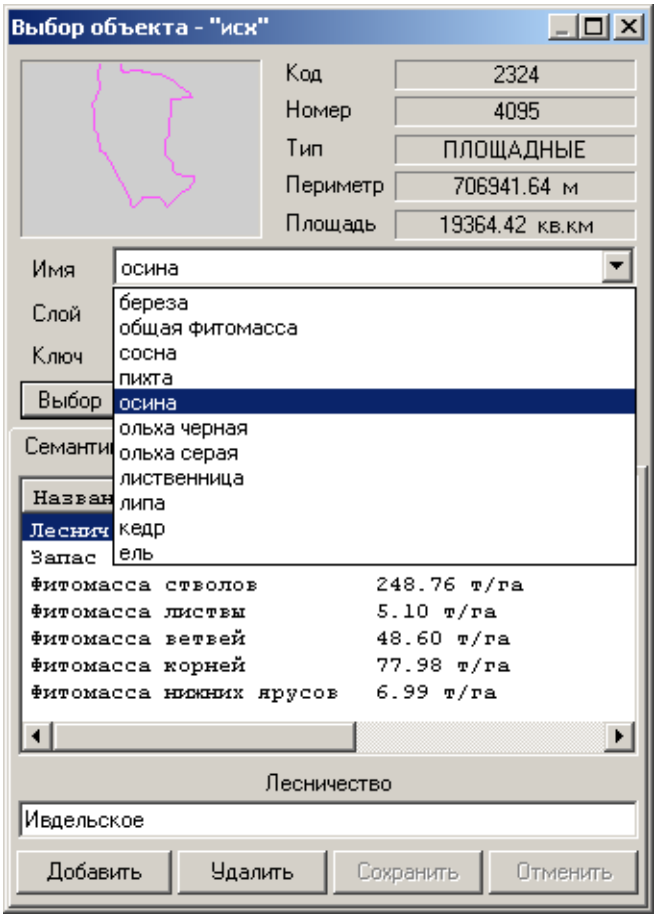


Рис. 4. Перемещение по слоям карты

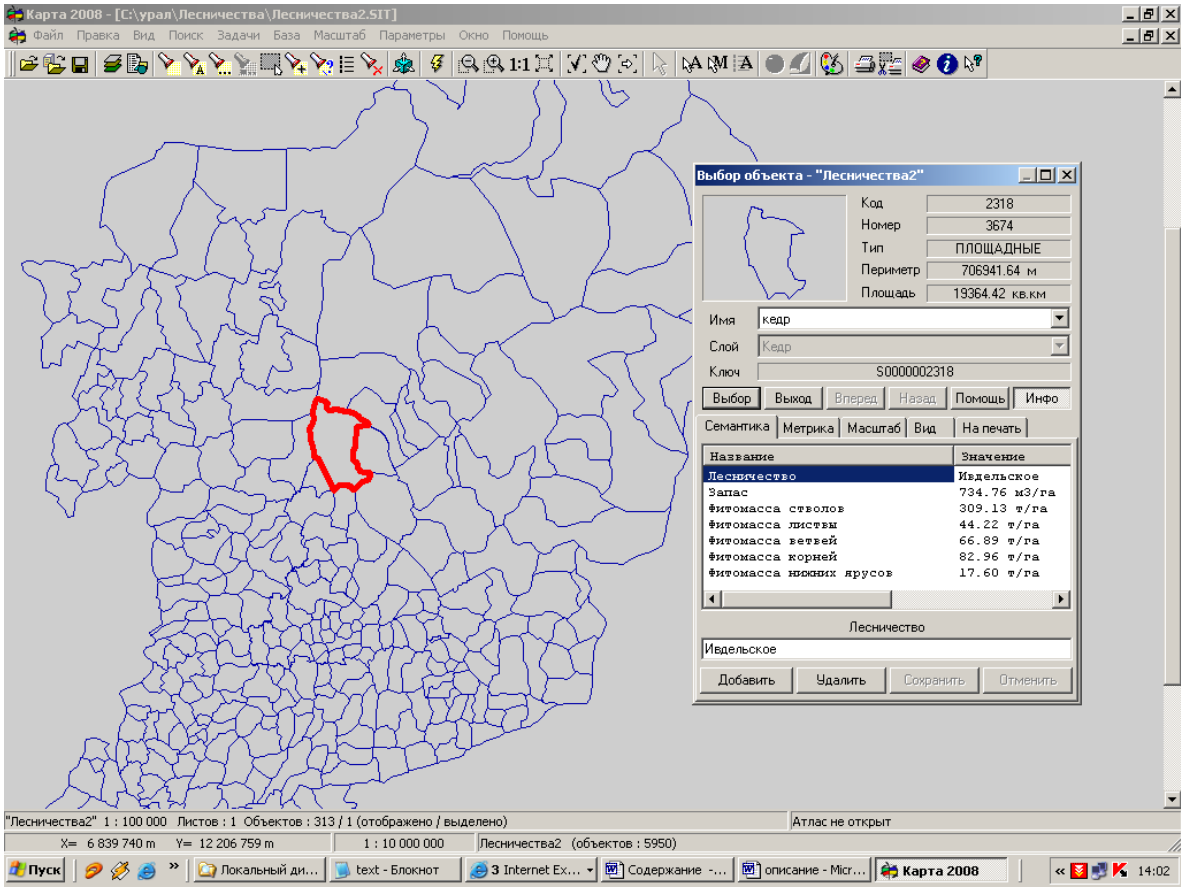


Рис. 5. Отображение на электронной карте значений фитомассы по фракциям для каждой породы по каждому лесничеству. Карта содержит 12 слоев

Алгоритм расчетов впервые реализован в среде СУБД ADABAS с редактором приложений Natural. С помощью разработанной информационной системы все расчеты по депонированию углерода в лесах Уральского региона можно актуализировать в автоматическом режиме. Оператор на соответствующем уровне доступа вводит любые изменения в базы данных о фитомассе и ЧПП, а также в базу структурированных данных ГУЛФ. Последнее особенно важно в связи с изменением границ и количественных характеристик лесфонда лесничеств после реструктуризации лесного хозяйства. Весь расчетный алгоритм, включая вывод результатов на интерактивную карту, реализуется в доли секунды без участия оператора.

Библиографический список

1. *Усольцев, В.А.* Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения / В.А. Усольцев. − Екатеринбург: УрО РАН, 2007. − 636 с.
2. *Кобак, К.И.* Биотические компоненты углеродного цикла / К.И. Кобак. − Л.: Гидрометеоиздат, 1988. − 248 с.
3. *Швиденко, А.З.* Материалы к познанию современной продуктивности лесных экосистем России / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепащенко, С. Нильссон // Базовые проблемы перехода к устойчивому управлению лесами России – учет лесов и организация лесного хозяйства: матер. междунар. семинара. − Красноярск: ИЛ СО РАН, 2007. − С. 7-37.
4. *Усольцев, В.А.* Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география / В.А. Усольцев. − Екатеринбург: УрО РАН, 2001. − 707 с.
5. *Усольцев, В.А.* Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии / В.А. Усольцев. − Екатеринбург: УрО РАН, 2010. – 573 с.
6. *Глушков, В.М.* Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. − 2-е изд. − М.: Наука, 1987. − 552 с.
7. *Брусенков, И.В.* ADABAS – основа семейства программных продуктов фирмы Software AG для создания корпоративных баз данных / И.В. Брусенков, В.А. Кондратенков, В.Д. Силин. − 1996 (http://www.citforum.ru/database/kbd96/510.shtml).
8. *Воронов, М.П.* Исследование методов и разработка информационной системы определения и картирования депонируемого лесами углерода в среде Natural / М.П. Воронов, В.А. Усольцев, В.П. Часовских. − Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. − 160 с.

УДК 630*434:633.88

О ВОССТАНОВЛЕНИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ НА ГАРЯХ 1972 ГОДА В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

К. К. Калинин

Марийский государственный технический университет

TO THE QUESTION ABOUT RECONSTRUCTION OF MEDICINAL PLANTS ON BURNED AREAS IN 1972 YEAR IN MARI EL REPUBLIC

K. K. Kalinin

Mari State Technical University

Сосновые леса являются важнейшей сырьевой базой и имеют разностороннее и всевозрастающее народнохозяйственное значение. Одной из главнейших проблем лесоводства в сосняках является проблема их восстановления в связи с пожарами.

Важнейшей проблемой современности является изучение и сохранение биоразнообразия в целом и фиторазнообразия в частности.

Важной составляющей любой флоры является группа растений, усиленно эксплуатируемых человеком. Это лекарственные, пищевые, кормовые, медоносные, декоративные растения.

Актуальность использования лекарственных растений и лечебных трав в современной медицине неизмеримо возросла в последние десятилетия.

Естественная растительная основа препаратов из растений и трав позволяет избежать целого ряда осложнений при их применении, способствует наилучшему их усвоению организмом, а значит эффективно повышает само качество лечения. Это особенно актуально, так по данным ВОЗ, 2,5…5 % госпитализированных составляют больные с лекарственными осложнениями.

Сегодня уже не вызывает сомнений целесообразность применения лекарственных растений и лечебных трав при первичной профилактике ряда заболеваний, а также постоянной или курсовой поддерживающей терапии при их вторичной профилактике.

Преимуществом лекарственных растений и трав является их малая токсичность и возможность длительного применения без существенных побочных явлений.

Целью исследования являлось изучение влияния пожаров на количественные и качественные показатели лекарственных растений и динамики их изменения со времени пожара.

Объектами исследования явились постоянные пробные площади на крупных гарях 1972 года Республики Марий Эл в Старожильском участковом лесничестве Пригородного лесничества в сосняках лишайниково-мшистом, брусничном, бруснично-черничном, долгомошном и кустарничково-сфагновом, пройденных сильными низовыми пожарами, а также в сосняках в брусничном типе леса в условиях свежего бора и субори, пройденных пожарами средней интенсивности. Древостои на пробных площадях до пожара представляли собой или чистые сосняки, или сосняки с небольшой примесью березы и осины. Возраст древостоев 70…80 лет, полнота 0,6…0,8. В качестве контрольных взяты негорелые участки леса с такой же таксационной характеристикой. Учет лекарственных растений проводился на раункиеровских площадках размером 1х1м, размещенных равномерно-принудительно в количестве 25 шт. на пробной площади. На них определялся видовой состав растений по П.Ф. Маевскому [1964], а также степень проективного покрытия − общая и каждого вида, %.

Характер изменений видовой структуры лекарственных растений под влиянием пожаров зависит от их вида и силы, а также типа леса (таблица).

В сосняке лишайниково-мшистом (А1-2) на контроле имелось всего 3 вида лекарственных растений (ландыш майский, толокнянка обыкновенная, брусника). Сильные низовые пожары вызвали увеличение количества видов лекарственных растений: на 2-м году после пожара их насчитывалось 7 видов, на 11-й год – 8 видов, на 23-й год – 7 видов, а на 33-й год – 3 вида. Наибольшее количество наблюдалось на 11-м году после пожара. К 33-му году количество видов лекарственных растений сравнялось с контролем. В первые годы после пожара (до 11 года) наибольшую встречаемость и проективное покрытие имели иван-чай узколистный, ландыш майский и золотарник обыкновенный. Постепенно доля участия иван-чая снижается, и на 33-й год он отсутствует.

В сосняке брусничном (А2) на контроле имелось всего 5 видов лекарственных растений (ландыш майский, брусника, золотарник обыкновенный, черника, вереск обыкновенный). После сильного низового пожара количество видов лекарственных растений увеличилось: на 2-м году после пожара их насчитывалось 13 видов, на 11-й год – 13 видов, на 23-й год – 10 видов, а на 33-й год – 4 вида. Наибольшее количество наблюдалось на 2-й и 11-й год после пожара. К 33-му году количество видов лекарственных растений практически сравнялось с контролем. В первые годы после пожара (до 11 года) наибольшую встречаемость и проектив-

ное покрытие имели иван-чай узколистный, ландыш майский, купена лекарственная, брусника и золотарник обыкновенный. Постепенно доля участия иван-чая снижается, и на 33- м году он отсутствует.

Количество видов лекарственных растений на гарях сосновых насаждений в зависимости от типа леса и интенсивности пожара

№пр/пл	Тип леса	ТЛУ	Вид пожара	Давность пожара, лет				Контроль
				2	11	23	33	
1	С. лишайниково-мшистый	A_{1-2}	Низовой сильный	7	8	7	3	3
9	С. брусничный	A_2	То же	13	10	4	5	5
11	То же	A_2	Низовой средней силы	9	10	9	5	6
3	То же	B_2	То же	14	13	11	8	5
7	С. бруснично-черничный	A_{2-3}	Низовой сильный	7	8	8	6	5
24	С. долгомошный	A_4	То же	2	1	2	1	2
16	С. кустарничково-сфагновый	A_5	То же	5	2	2	2	4

В сосняке брусничном (А2) после низового пожара средней интенсивности на 2-м году после пожара насчитывалось 9 видов лекарственных растений, на 11-й год – 10 видов, на 23-й год – 9 видов, а на 33-й год – 5 вида. Наибольшее количество наблюдалось на 11-й год после пожара. К 33-му году количество видов лекарственных растений практически сравнялось с контролем – 6 видов (ландыш майский, брусника, черника, золотарник обыкновенный, мелколепесник канадский, вереск обыкновенный). В первые годы после пожара (до 11 года) наибольшую встречаемость и проективное покрытие имели иван-чай узколистный, ландыш майский и золотарник обыкновенный, орляк обыкновенный. Постепенно доля участия иван-чая снижается, и на 33-й год он исчезает.

В сосняке брусничном, но в условиях субори (В2), пройденном также низовым пожаром средней интенсивности, количество лекарственных растений больше по сравнению с боровыми условиями (пробная площадь 11). В данном типе леса на 2-м году после пожара их насчитывалось 14 видов, на 11, 23 и 33 годы соответственно 13, 11 и 8 видов. Наибольшее количество видов наблюдалось на 2-й год после пожара. В первые годы после пожара (до 11 года) наибольшую встречаемость и проективное покрытие имели иван-чай узколистный, ландыш майский, брусника, орляк обыкновенный, золотарник обыкновенный, костяника, черника, кошачья лапка и купена лекарственная. Постепенно доля участия иван-чая снижается, и на 33-м году он отсутствует. К 33-му году количество лекарственных растений практически сравнялось с контролем.

В сосняке бруснично-черничном (А2-3) на контроле встречалось 5 видов лекарственных растений (ландыш майский, брусника, черника, золотарник обыкновенный и вереск обыкновенный). Здесь после сильного низового пожара количество видов лекарственных растений увеличилось: на 2-м году после пожара их насчитывалось 7 видов, на 11-й год – 8 видов, на 23-й год – 8 видов, а на 33-й год – 6 видов. Наибольшее количество наблюдалось на 11-й и 23 -й год после пожара. К 33-му году количество видов лекарственных растений практически сравнялось с контролем. Только черника не возобновилась. В первые годы после пожара (до 11 года) наибольшую встречаемость и проективное покрытие имели иван-чай узколистный, ландыш майский, орляк обыкновенный, брусника. К 11-му году появляется кошачья лапка, черника. Увеличилась доля участия вереска обыкновенного, золотарника обыкновенного. Постепенно доля участия иван-чая снижается, и на 33-й год он отсутствует.

В сосняке долгомошном (А4) на контроле встречалось всего 2 вида лекарственных растений (брусника и черника). Здесь после сильного низового пожара количество видов лекарственных растений не изменилось. Вместо черники появился иван-чай узколистный. К 33-му году постепенно возобновилась брусника, а черника так и не возобновилась. В первые годы после пожара (до 11 года) наибольшую встречаемость и проективное покрытие имели иван-чай узколистный, брусника. Постепенно иван-чай выпадает.

В сосняке кустарничково-сфагновом (А5) на контроле имелось 4 вида лекарственных растений (багульник болотный, клюква болотная, голубика и черника). С прохождением пожара видовой состав не изменился, но с течением времени голубика и черника погибли.

Выводы. Пожары влияют на динамику развития лекарственных растений. Характер изменений видовой структуры лекарственных растений под влиянием пожаров зависит от их вида и силы, а также типа леса. Наибольшее количество лекарственных растений наблюдается в свежих борах и суборях. В одних и тех же условиях количество видов больше при низовых пожарах сильной интенсивности. В основном все растения заселяются в первые годы после пожара (первое десятилетие). С давностью пожара видовой состав меняется, но незначительно. Со временем светолюбивых растений становится меньше в связи с появлением молодняков сосны.

Библиографический список

Маевский, П.Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР / П.Ф. Маевский. − Л., 1964. − 800 с.

УДК 630*235.5

ОСОБЕННОСТИ РОСТА ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В СМЕШАННЫХ КУЛЬТУРАХ НА БЫВШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. В. Нуреева, А. А. Белоусов, М. Н. Чурикова
Марийский государственный технический университет

THE TREE SPECIES IN THE MIXED CULTURES ON THE FORMER AGRICULTURAL AREAS THE KIROV REGION

T. V. Nureeva, A. A. Belousov, M. N. Churikova
Mari State Technical University

В лесном фонде Кировской области по данным учета лесного фонда на 1.01.2007 года произрастает 505,6 тыс. га лесных культур различного возраста и состава, 48% из них представлено сосной. Из всех насаждений сосны 18% имеет искусственное происхождение. Культуры сосны создавались преимущественно чистыми с формированием насаждений различного состава в зависимости от типа лесорастительных условий. Особый интерес представляют культуры, созданные на площадях, длительное время находившихся под сельскохозяйственным использованием. Именно в последние годы участки, используемые в течение многих десятилетий и даже столетий как сельскохозяйственные угодья, были исключены из аграрного использования в связи с низкой продуктивностью почв, малоконтурностью, удаленностью от населенных пунктов, банкротством сельскохозяйственных предприятий и другими причинами. Сокращение площади сельскохозяйственных угодий характерно практически для всех субъектов Российской Федерации [1].

На исключаемых из сельскохозяйственного использования землях создаются лесные культуры или они зарастают древесно-кустарниковой растительностью. Однако в научной литературе крайне ограничены сведения о формировании насаждений на различных видах сельскохозяйственных угодий. Последнее затрудняет разработку научно-обоснованной системы лесохозяйственных мероприятий, направленной на выращивание высокопродуктивных устойчивых насаждений. При выборе породного состава следует учитывать комплекс почвенно-экологических факторов, удовлетворяющих потребность древесной породы, назначение будущего насаждения, прогнозировать параметры древесной продукции в будущем.

На лесокультурных площадях, в т.ч. представленных вышедшими из-под сельскохозяйственного использования землями, преимущественно создавались чистые культуры, но имеются смешанные, формирование которых зависит от схемы смешения, ТЛУ, особенностей древесной породы, определяющих характер межвидовых взаимоотношений. Нами были исследованы смешанные лесные культуры в возрасте 21 года в Яранском лесничестве Кировской области, созданные на бывших сельскохозяйственных землях механизированной посадкой МЛУ-1 после сплошной обработки почвы плугом ПЛН-3-35. Размещение культур рядовое равномерное с расстоянием между рядами 3,0 м, в ряду 0,75 м. Согласно схеме смешения сосна и ель чередуются в ряду, а затем с рядом лиственницы.

Имеющиеся сведения о сосново-елово-лиственничных культурах позволяют сделать сравнение полученных нами результатов исследования производительности смешанных культур, произрастающих в лесном фонде Яранского лесхоза, с данными Н.П. Калиниченко, А.И. Писаренко, Н.А. Смирнова для Московской области [2] и В.Л. Кузнецова для Челябинской области [3].

Таблица 1

Показатели роста смешанных культур сосны с лиственницей и елью

Порода	Размещение (возраст, лет)	Схема смешения	Кол-во деревьев, шт./ га		Сохранность, %	Ср. диам., см	Сумма площадей сечений, $м^2$/га	Запас, $м^3$/га	Прирост по запасу, $м^3$/га в год	Относительная высота
			высаженных	сохранившихся						
Яранский лесхоз Кировской области (почва дерново-подзолистая легкосуглинистая)										
Сосна	3*0,7 (21)	СЕСЕ ЛцЛц	1200	866	72,2	15,6	17,72	102,7	4,9	66
Лиственница			2400	654	27,3	12,0	28,6	71,5	3,4	102
Ель			1200	879	73,3	5,6	2,71	13,1	0,6	108
Итого			4800	2399			49,03	187,3	8,9	
Солнечногорский лесхоз Московской области (почва дерново-подзолистая легкосуглинистая)*										
Сосна	2,5*1 (28)	СССС ЛцЛц ЕЕЕЕ ЕЕЕЕ	2400	1070	44,6	13,6	15,55	127,8	4,6	118
Лиственница			800	325	40,6	21,6	11,55	126,7	4,53	88
Ель			800	70	8,8	12,3	0,83	6,6	0,24	118
Итого			4000	1465			27,93	261,1	9,37	
Чебаркульский опытный лесхоз Челябинской области (почва серая лесная суглинистая)**										
Сосна	- (30)	7,7Лц 1,6Е 0,7С	-	80	-	17,8	1,99	15,0	0,5	64
Лиственница			-	1320	-	13,9	20,02	153,5	5,12	73
Ель			-	220	-	15,2	3,99	31,0	1,03	90
Итого			-	1620			59,94	199,5	6,20	

* Данные А.И. Писаренко, Н.П. Калиниченко.
** Данные В.Л. Кузнецова.

Все насаждения относятся к группе молодняков и находятся в стадии формирования насаждений. Сосна на всех участках относится к коренной породе, лиственница – к интродуцентам, ель – в Кировской и Московской областях произрастает естественно, в Челябинской области является интродуцентом. Смешанные культуры из трех пород при сравнении с таблицами хода роста древостоев В.С. Моисеева [4] характеризуются как высокопроизводительные и могут быть отнесены к I классу бонитета. Между тем характер межвидовых взаимоотношений и особенности строения смешанных культур могут различаться.

Особенности строения и формирования смешанных культур сосны, ели и лиственницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве были исследованы в Яранском лесничестве Кировской области.

Распределение стволов по диаметру, представленное на рис. 1, имеет следующие особенности: для ели сосредоточение 51% стволов в диапазоне от 2,1 до 6 см с достижением отдельными деревьями диаметров от 6 до 14 см, для лиственницы отмечается компактная группировка диаметров деревьев от 12,1 до 13 см (28 %) и от 14,1 до 15 см (13 %). Для сосны отмечен самый большой размах между минимальным и максимальным диаметрами и присутствие деревьев с диаметрами от 5,1 до 25 см.

Сосна обыкновенная и лиственница сибирская в смешанных культурах относятся преимущественно к I классу Крафта, ель европейская – к III классу (рис. 2).

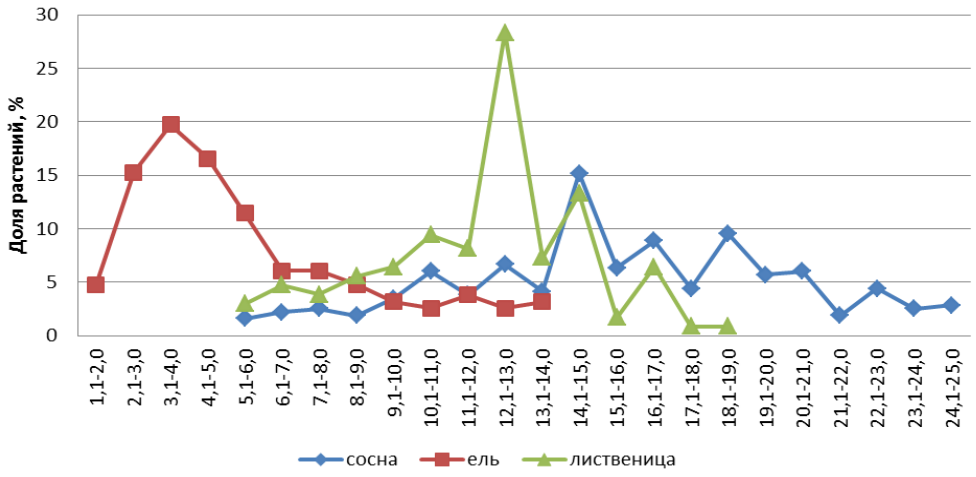


Рис. 1. Распределение деревьев в смешанных культурах по ступеням толщины

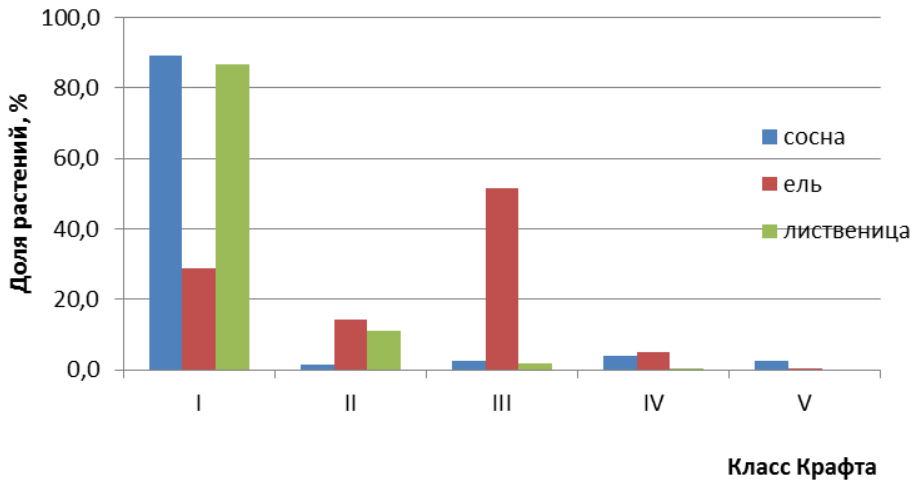


Рис. 2. Распределение деревьев в смешанных культурах по классам Крафта

Распределение деревьев по положению в пологе насаждения отличается от разделения их по классам Крафта (рис. 3). Около трех четвертей всех деревьев сосны обыкновенной относятся к лидерам и занимают верхний полог древостоя. В формировании верхнего яруса насаждения принимает участие около половины деревьев лиственницы сибирской и лишь около 15 % деревьев ели. В формировании среднего полога принимают участие все породы с большим участием лиственницы. Более половины деревьев ели европейской находится в нижнем пологе.

Статистические показатели ряда распределения диаметра древесных пород в культурах удостоверяют преимущественное участие сосны в формировании древостоя, она отличается наибольшими средним и максимальным диаметрами (табл. 2). Диаметр ели европейской меньше, чем сосны и лиственницы, в 2,5 и 2 раза соответственно.

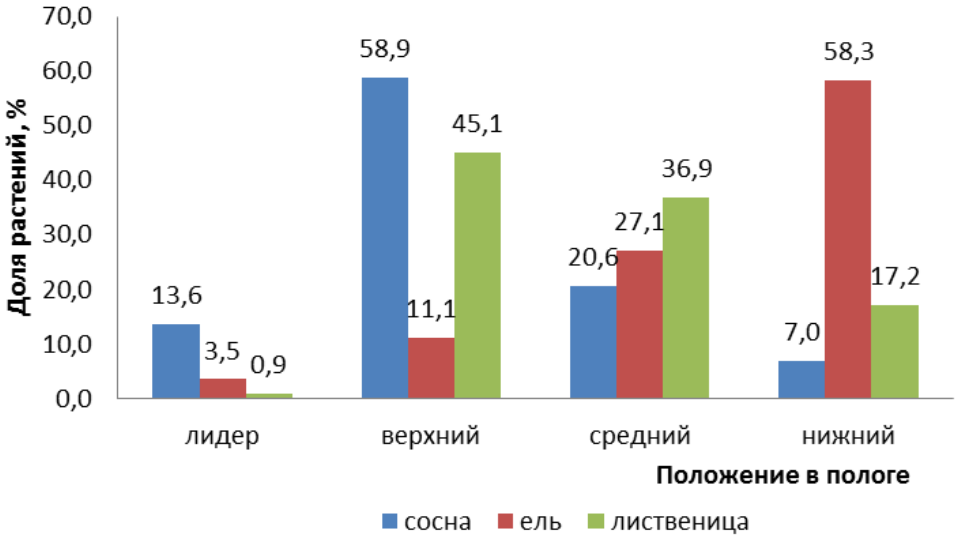


Рис. 3. Распределение деревьев в смешанных культурах по положению в пологе древостоя

Таблица 2

Статистические показатели диаметра смешанных лиственнично-елово-сосновых культур

Порода	Статистические показатели								
	X	m_x	*б*	*E*	*A*	*min*	*max*	*C,%*	*P, %*
Сосна	15,56	0,25	4,51	-0,51	-0,08	5,1	24,5	28,98	1,64
Ель	5,6	0,17	3,1	0,09	0,98	1	13,7	55,27	3,12
Лиственница	11,96	0,19	2,86	-0,18	-0,33	5,1	19	23,92	1,57

Ассимметрия (А) свидетельствует о сосредоточении большего числа частот диаметров сосны и лиственницы в правой части (А<0), а ели в левой части (А>0). Большая изменчивость по диаметру свойственна ели, меньшая – лиственнице и сосне.

Анализ табл. 3 показывает, что насаждение характеризуется высокой густотой и производительностью, запас его составляет немногим более 180 м^3/га. Более половины запаса приходится на сосну, 38,2 % формируется за счет лиственницы. Доля ели в формировании запаса не превышает 10 %. Это связано с тем, что верхний полог древостоя в основном представлен сосной (26,5 %) и лиственницей (12,5 %), которые в насаждении 20-летнего возраста занимают лидирующие позиции.

Таким образом, смешанные елово-сосново-лиственничные культуры отличаются высокой производительностью, формируют запас к 20-30-летнему возрасту от 187 м^3/га в 21-летних

Таблица 3

Параметры деревьев в смешанных культурах

Порода	Полог	Количество деревьев, шт./га/%	Hср., м	Dср., см	Сумма площадей сечений, $м^2$/%	Запас, $м^3$/га/%
Сосна	Лидеры	112/4,7	11,6	22,4	4,37/15,3	27,3/14,6
	Верхний	524/21,8	10,5	16,6	11,45/40	66,4/35,4
	Средний	177/7,4	9,8	11	1,71/6	8,2/4,4
	Нижний	53/2,2	6,7	7,7	0,20/0,7	0,8/0,4
	Итого сосны	866/36,1			17,72/62	102,7/54,8
Ель	Лидеры	31/1,3	10,1	13,3	0,44/1,5	2,8/1,5
	Верхний	103/4,3	9,5	11,0	0,96/3,4	5,1/2,7
	Средний	247/10,3	7,9	6,7	0,88/3,1	3,6/1,9
	Нижний	499/20,8	4,3	3,6	0,44/1,5	1,7/0,9
	Итого ели	879/36,7			2,71/9,5	13,1/7
Лиственница	Лидеры	5/0,2	17,6	18,2	0,36/1,3	3,3/1,8
	Верхний	295/12,3	15,1	14,2	5,47/19,1	43,7/23,3
	Средний	242/10,1	11,2	11,2	2,34/8,2	26,4/14,1
	Нижний	112/4,7	6,8	7,5	0,36/1,3	1,3/0,7
	Итого лц	654/27,2			8,16/28,5	71,5/38,2
	Всего	2399/100			28,60/100	187,3/100

культурах Кировской области до 261 $м^3$/га в Московской области на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах.

Смешанные культуры, произрастающие на бывших сельскохозяйственных площадях в Яранском лесничестве, в возрасте 21 года отличаются наличием трех ярусов, верхний сформирован из сосны и лиственницы, средний представлен всеми тремя породами. Ель, отличаясь теневыносливостью, на период исследования имеет высокую сохранность, равную сосне, но большее количество деревьев ели произрастает в нижнем пологе.

Запас смешанных культур в стадии молодняков формируется преимущественно из деревьев-лидеров и среднего полога сосны обыкновенной и лиственницы сибирской, доля которых составляет 39 %, а по запасу около 75 %.

Данный объект требует проведения мониторинга для отслеживания прохождения хода естественного изреживания и формирования породного состава насаждения.

Библиографический список

1. *Новоселова, Н.Н.* Лесоводственные мероприятия на землях, исключенных из сельскохозяйственного использования / Н.Н. Новоселова, С.В. Залесов, А.Г. Магасумова // Аграрный вестник Урала, 2010. − №6. – С. 68-72.
2. *Калиниченко, Н.П.* Лесовосстановление на вырубках / Калиниченко Н.П., А.И.Писаренко, Н.А.Смирнов. − 2-е изд.,перераб.и доп. − М. : Экология, 1991. − 380 с.
3. *Кузнецов, В.Л.* Рост смешанных елово-сосново-лиственничных культур в условиях лесостепи Зауралья / В.Л. Кузнецов // Лесное хозяйство, 2008. − №4. – С.40-41.
4. *Моисеев, В.С.* Таксация молодняков / В.С. Моисеев. − Л.:ЛТА, 1971. – 343 с.

УДК 630х43:630*236 (470.343)

ФОРМИРОВАНИЕ МОЛОДНЯКОВ НА ГАРЯХ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА 38-м ГОДУ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ 1972 ГОДА В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

К. К. Калинин

Марийский государственный технический университет

THE FORMATION OF YOUNG TREES ON BURNED AREAS OF PINE TREES ON A 38 YEAR AFTER FIRES IN MARI EL REPUBLIC

K. K. Kalinin
Mari State Technical University

Объектами исследования являлись постоянные пробные площади на крупных гарях 1972 года Республики Марий Эл в Старожильском лесничестве Пригородного лесхоза в сосняках лишайниково-мшистом, брусничном, бруснично-черничном после низовых пожаров сильной интенсивности, а также в сосняке брусничном после пожара средней интенсивности в ТЛУ A_2 и B_2.

Насаждения до пожара представляли собой сосняки чистые или с небольшой примесью лиственных пород (березы, осины). При повреждении их низовым пожаром сильной интенсивности они выглядели как сухостойные горельники с полностью погибшим древостоем или горельники с единично живыми деревьями. При низовых пожарах средней интенсивности количество сухостоя в насаждениях составляло 40...60 %.

При изучении формирования молодняков проводился перечет деревьев с измерением у них диаметра по 2 см ступеням толщины. Все породы подразделялись по степени роста по классификации Крафта. Хвойные породы, кроме того, разделялись на группы: 1) незатененные, 2) полузатененные − к кронам поступает 30…60 % солнечной радиации вследствие затенения другими породами, 3) затененные − к кронам поступает менее 30 % солнечной радиации. Лиственные породы разделялись на мешающие росту хвойных и немешающие.

Формирование молодняков на 38-й год после низовых пожаров сильной интенсивности представлено в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Показатели формирования молодняков на гарях сосновых насаждений после низовых пожаров сильной интенсивности

№ п/п	Тип леса (ТЛУ)	Вид пожара	Количество пород, тыс.шт./га				Состав	
			С	Б	Ос	Всего	по числу деревьев	по запасу
1	С лш.-мш. (A_{1-2})	Низовой сильный	6,8	1,3	0,1	8,2	83С16Б1Ос	96С4Бед.Ос
9	С бр. (A_2)	То же-	1,6	1,8	0,5	3,9	41С46Б13Ос	88С12Бед..Ос
7	С бр.-чер. (A_2-A_3)	-//-	5,7	0,9	-	6,6	86С14Б	98С2Б

Окончание табл. 1

№ п/п	Встречаемость	Сомкнутость	Количество сосны, %			Ср. высота, м		
			незатененной	полузатененной	затененной	С	Б	Ос
1	92	0,7	97	1,5	1,5	11,5	7,7	0,3
9	76	0,6	81,3	12,5	6,2	14,5	8,3	0,5
7	84	0,6	89,5	7	3,5	13,8	8,4	0

Наибольшее количество древесных пород, в том числе сосны, находится в сосняке лишайниково-мшистом и бруснично-черничном типах леса. В этих же типах леса отмечено и наибольшее количество незатененных сосен (89,5-97 %).

Наиболее хороший рост сосны (как по высоте, так и диаметру) наблюдается в брусничном и бруснично-черничном типах леса (высота равна соответственно 14,5 и 13,8 м). Следует отметить, что показатели роста сосны во всех изученных типах леса выше, чем у лиственных пород.

Во всех типах леса в составе пород по запасу преобладает сосна, что объясняется ее большими размерами по высоте и диаметру по сравнению с лиственными породами.

Таблица 2

Распределение древесных пород на 38-летних гарях по классам роста по Крафту

№ п/п	Тип леса	Порода	Классы роста по Крафту, %					Всего	Средняя кат. развития
			1	2	3	4	5		
1	С лш.мш (A_{1-2})	С	20,6	10,3	20,6	11,8	36,7	100	3,4
		Б	15,4	0	15,4	23,1	46,1	100	4,4
		Ос	0	0	0	0	100	100	5,0
9	С бр. (A_2)	С	50	18,7	0	18,8	12,5	100	2,6
		Б	16,7	5,5	27,8	11,1	38,9	100	3,8
		Ос	0	0	0	0	100	100	5,0
7	С бр.чер. (A_2-A_3)	С	43,9	15,8	14	3,5	22,8	100	2,3
		Б	11,1	33,4	22,2	22,2	11,1	100	3,0
		Ос	0	0	0	0	0	0	0

Из распределения деревьев в молодняках по классам Крафта видно (табл.2), что во всех типах леса развитие сосны лучше по сравнению с лиственными породами. Подавляющая часть лиственных пород во всех изученных типах леса представлена IV и V классами, кандидатами на отмирание, что свидетельствует об увеличении в будущем участия сосны в составе и по количеству пород. У сосны наибольшее количество деревьев V класса находится в лишайниково-мшистом типе леса в связи с ее большой густотой.

Представляет интерес изменение структуры молодняков в связи с давностью пожара (табл. 3).

В течение времени после пожара изменялось количество пород в молодняках и средняя высота их во всех типах леса.

Уменьшение количества сосны произошло больше всего в сосняке лишайниково-мшистом, это связано с ее сухостью и бедностью. В брусничном и бруснично-черничном типах леса самые большие изменения у лиственных пород. Осина в бруснично-черничном типе леса полностью выпала.

В период времени после пожара изменялся и рост древесных пород, их средняя высота. В соответствии с отмеченными особенностями изменения густоты сосны и лиственных пород изменялось с возрастом молодняков и соотношение средних высот пород.

Средняя высота сосны по темпам ее увеличения везде превосходила лиственные породы, и на 38-летних гарях всех типов леса средние высоты сосны больше средних высот лиственных пород. В связи с увеличением превышения средних размеров сосны и лиственных пород с давностью пожара участие сосны в составе возобновления по запасу резко возрастало по сравнению с ее участием по количеству деревьев.

В связи с увеличением доли сосны в составе молодняков на 38-летних гарях формируются молодняки с очень большим участием сосны по запасу в лишайниково-мшистом типе леса − 96 %, брусничном − 88 %, бруснично-черничном – 98 %, хотя в начальный период возобновления она по составу занимала в лишайниково-мшистом типе леса 63 %, брусничном – 21 %, бруснично-черничном – 54 %.

Возобновление и формирование молодняков под пологом сосновых насаждений, пройденных низовым пожаром средней интенсивности, изучалось на двух постоянных пробных площадях в брусничном типе леса. Различие их состоит в том, что пробная площадь № 11 распо-

Таблица 3

Изменение структуры молодняков на гарях сосновых насаждений после сильных низовых пожаров

Давность пожара, лет	Количество пород, тыс.шт./га				Средняя высота пород, м				Состав возобновления	
	сосна	береза	осина	всего	сосна	береза	осина	всего	по числу стволов	по запасу
Сосняк лишайниково-мшистый (пр.пл. №1)										
2	15,3	2,2	4,8	22,3	-	-	-	-	68С21Ос11Б	-
4	12,8	4,6	5,8	23,2	0,19	0,19	0,44	0,25	55С25Ос20Б	-
9	8,7	3,9	3,7	16,3	0,93	0,86	0,60	0,84	53С24Б23Ос	63С25Б12Ос
13	8,7	3,1	2,9	14,7	2,04	2,02	0,71	1,77	59С21Б23Ос	80С18Б2Ос
16	8,3	2,5	1,3	12,1	2,63	2,25	0,91	2,37	69С21Б10Ос	89С10Б1Ос
23	8,2	1,7	1,6	9,5	3,94	3,43	0,36	3,25	67С15Б18Ос	94С5Б1Ос
33	7,1	1,1	0,1	8,3	10,9	5,7	0,8	10,1	86С13Б1Ос	98С2Б
38	6,8	1,3	0,1	8,2	11,5	7,7	0,3		83С16Б1Ос	96С4Бед.Ос
Изменение % ко 2 году	-56	-41	-98	-63	+5637	+2900	+82	+3940		
Сосняк брусничный (пр.пл. №9)										
2	2,6	2,9	2,8	8,3	-	-	-	-	35Б34Ос31С	-
4	2,3	2,7	2,6	7,6	0,19	0,37	0,43	0,34	36Б34Ос30С	-
9	1,9	3,6	4,0	9,5	1,01	0,94	0,98	0,97	42Ос38Б20С	45Ос34Б21С
13	2,0	3,2	4,0	9,2	2,33	2,22	1,41	1,89	43Ос35Б22С	51С34Б15Ос
16	1,9	3,1	3,4	8,4	3,1	2,64	0,71	1,7	43Ос35Б22С	51С43Б6Ос
23	1,9	2,7	3,2	7,8	6,63	5,01	0,64	3,61	44Ос32Б24С	77С22Б1Ос
33	1,8	1,7	1,8	5,3	13,71	5,9	0,5	6,72	34С32Б34Ос	92С8Б
38	1,6	1,8	0,5	3,9	14,5	8,3	0,5		41С46Б13Ос	88С12Бед..Ос
Изменение % ко 2 году	-38	-42	-82	-53	+7116	+1495	+16	+1876		
Сосняк бруснично-черничный (пр.пл. №7)										
2	9,8	2,2	4,6	16,6	-	-	-	-	59С28Ос13Б	-
4	9,0	15,0	6,1	30,1	0,17	0,21	0,30	0,27	50Б30С20Ос	-
9	7,8	15,1	9,2	32,1	0,93	0,43	0,44	0,55	47Б29Ос24С	54С28Б16Ос
13	7,8	8,8	6,3	23,0	2,34	1,22	0,71	1,45	38Б34С28Ос	86С11Б3Ос
16	7,8	8,8	5,6	22,2	3,10	1,32	0,53	1,75	40Б35С25Ос	92С7Б1Ос
23	7,3	4,7	4,5	16,5	6,73	2,71	0,51	3,89	44С28Б28Ос	92С7Б1Ос
33	5,6	0,8	0	6,4	13,4	8,40	-	12,9	88С12Б	93С7Б
38	5,7	0,9	0	6,6	13,8	8,4	0		86С14Б	98С2Б
Изменение % ко 2 году	-42	-61	-83	-60	+7782	+3900	+700	+4677		

В оглавление

ложена в условиях свежего бора (A_2), а пробная площадь № 3 − в условиях свежей субори (B_2).

В сосняке брусничном в суборевых условиях сразу после пожара наблюдалось наиболее обильное возобновление сосны и лиственных пород. С увеличением давности пожара и ухудшением условий для нового накопления возобновления и практического его прекращения происходила постепенная его убыль (табл. 4).

Таблица 4

Динамика возобновления древесных пород на гарях 1972 г. после низовых пожаров средней интенсивности в частично разрушенных пожаром сосновых насаждениях

№ п/п	Тип леса (сосняк) ТЛУ	Вид пожара	Давность пожара, лет	Количество пород, тыс.шт./га				Состав
				С	Б	Ос	Всего	
11	Брусн. (A_2)	Низовой средней интенсивности	2 4 9 13 16 23 33 38	4,8 5,1 5,3 3,8 14,5 14,8 5,2 5,0	3,2 1,2 2,3 1,2 1,2 1,3 0,5 0,6	2,0 2,7 2,2 2,7 1,9 2,0 0,1 0,1	10,0 9,0 9,8 7,7 17,6 18,1 5,8 5,7	5С3Б2Ос 6С2Б2Ос 5С2Б2Ос 5С3Ос2Б 8С1Б1Ос 8С1Б1Ос 9С1Б ед.Ос 9С1Б ед.Ос
3	Брусн. (B_2)	Низовой средней интенсивности	2 4 9 16 23 33 38	34,8 25,2 14,2 15,4 12,8 6,4 2,4	8,5 9,4 4,8 4,2 3,4 1,4 0,7	6,7 7,6 4,4 2,0 1,4 0,4 0,2	48,0 34,6 23,4 21,6 17,6 8,2 3,3	7С2Б1Ос 7С2Б1Ос 6С2Б2Ос 7С2Б1Ос 7С2Б1Ос 8С2Б ед.Ос 7С2Б1Ос

Наибольшее количество возобновления, в том числе и сосны, имеется в брусничном типе леса в условиях свежего бора (А2), здесь выше и встречаемость. Наибольшие же показатели роста (по средней высоте и среднему диаметру) наблюдаются в условиях свежей субори (В2), это связано с более плодородными почвами (табл. 5).

Таблица 5

Характеристика возобновления древесных пород на 38-летних гарях в частично разрушенных пожаром сосновых насаждениях

№ п/п	Тип леса (сосняк) ТЛУ	Вид пожара, лет	Количество пород, тыс.шт./га				Сомкнутость	Состав
			С	Б	Ос	Всего		
11	Брусн. (A_2)	Низ. средней интенсивности	5,0	0,6	0,1	5,7	0,7	9С1Б ед.Ос
3	Брусн. (B_2)	То же	2,4	0,7	0,2	3,3	0,9	7С2Б1Ос

Окончание табл. 5

№ п/п	Тип леса (сосняк) ТЛУ	Вид пожара	Встречаемость, %	Средняя высота, м			Ср. диаметр, см.		
				С	Б	Ос	С	Б	Ос
11	Брусничный (A_2)	Низовой средней интенсивности	84	9,1	6,5	7,1	6,7	3,8	4
3	Брусничный (B_2)	То же	48	10,8	11,9	6,2	7,0	6,9	3,5

УДК 630*5

К ПРОБЛЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ УСТОЙЧИВЫХ КОРЕННЫХ И ПРОИЗВОДНЫХ ЛЕСОВ

С. Г. Глушко
Казанский государственный аграрный университет

THE PROBLEM OF THE STUDIES OF STABILITY OF SUSTAINABLE NATURAL FORESTS AND DERIVATIVE FORESTS

S. G. Glushko
Kazan state agricultural university

Теория климаксного леса предполагает возможность существования максимально стабилизированных и устойчивых лесов, что обусловлено наличием выработанных (стабилизированных) условий местообитания (геосистемы) и выработанных лесных сообществ (биосистемы), взаимодействующих в лесной биогеосистеме (Глушко, 2010).

Нарушения био или абио (гео) –составляющих лесных биогеосистем, особенно при высокой фрагментации (сложности) и ёмкости этих подсистем, приводят к невыработанности, дестабилизации, серийности лесов. Разрушение климакса имеет как антропогенные, так и естественные причины и проявляется, например, в формировании, а затем сменах явно выраженных поколений лесообразующих пород. Если в климаксных сообществах смена старого молодым реализуется на онтогенетически- индивидуальном уровне, то с нарушением климакса сменяются группы, поколения, сообщества. Здесь есть аналогии с индивидуальным отбором в стабильных и групповым отбором в дестабилизированных условиях внешней среды.

Некоторая нестабильность и смены пород свойственны даже типично-коренным лесам (Колесников, 1956; и др.). Смены в лесных сообществах обычно оформляются как стадии восстановительно-возрастного развития. Совокупность стадий в рамках жизни одного поколения главной или доминирующей породы обособляется в виде цикла развития леса, в пределах которого для устойчивых лесов отмечается определённый возврат лесного сообщества в близкое к исходному состояние.

Циклы или витки на соответствующей спирали развития отражают условность так называемого «устойчивого развития», где с каждым витком (циклом) накапливаются необратимые (в т.ч. эволюционные) изменения. Ускорение данного процесса как бы растягивает спираль, замедление – наоборот уплотняет. Сообщества, характеризующие основные этапы лесообразовательного процесса по спирали развития, Б.П. Колесников назвал «генетическим рядом группировок растительности».

Классификация современных лесов должна учитывать теоретические основы и практически значимую реальность. Коренные и многие производные леса сохраняют устойчивость, проблемы скрываются в частностях. Коренные леса в количественном отношении, как пыль на вершине «лесного айсберга», представленного лесами производными – антропогенными по происхождению или условиям формирования. Генезис коренных лесов интересен в теоретическом плане. По степени своей изменчивости, динамичности, выработанности или стабильности устойчивые коренные леса можно подразделить на следующие основные группы:

1. Выработанные (климаксные) типично-коренные, с преобладанием в сообществах фитоценотипов виолентной и патиентной конституции; длительный жизненный цикл основных лесообразователей увеличивает витки на спирали развития.

2. Невыработанные (субклимаксные) серийные, в сообществах широко представлены лесообразователи всех фитоценотипов.

3. Невыработанные (неклимаксные) пионерные, с преобладанием в сообществах фитоценотипов эксплерентной конституции; короткий жизненный цикл основных лесообразователей сужает амплитуду витков на спирали развития.

В малоосвоенных регионах преобладают типично-коренные или устойчиво-стабильные леса. Устойчивые нестабильные (невыработанные) леса здесь встречаются реже, что обусловлено разной скоростью динамических процессов в гео- и биосистемах.

С усилением нарушенности вышеперечисленные коренные – устойчивые леса сменяются производными (вторичными), при этом антропогенно- нарушенные леса приобретают черты сходства с коренными – невыработанными лесами. В исследовательских целях вполне допустима редукция выявленных закономерностей на разные уровни организации лесов.

Для оценки степени производности лесов (их удалённости от лесов типично-коренных) используется соответствующий понятийный аппарат, леса обозначаются как коротко или длительно производные. Коротко или длительно восстановительные смены в лесах увязываются с цикличностью восстановительно-возрастного развития.

Коренные и производные устойчивые леса различаются по характеру (амплитуде) циклов в зависимости от фитоценотипа лесообразующих пород и по степени выработанности – производности. Для лесов, сформированных пионерными породами, цикл сужается в связи с сокращением продолжительности жизни основных лесообразователей. С возрастанием невыработанности сложных лесов цикличность восстановительно-возрастного развития приобретает качество многовариантности, становится разнообразной, усиливается фактор случайных отклонений, восстановление может пойти через пионерно- серийные породы с разным фитоценотипом.

Восстановление погибшего древостоя через пионерно-эксплерентные коротко живущие породы может способствовать быстрому восстановлению господства главной – виолентной породы. При данном варианте развития невыработанность передаётся – распространяется по сукцессионному ряду, провоцируя в дальнейшем промежуточные распады древостоев, с резким отпадом большинства деревьев уже главной породы. Такой путь развития динамичный, революционно-регрессивный.

Восстановление древостоя через породы серийные длительно-живущие замедляет смены в лесном сообществе и затягивает восстановление господства главной породы. Но в этом случае выработанность и общее восстановление лесного сообщества наступает раньше, иногда (в смешанных лесах) даже до восстановления доминирования главной породы. Такой путь развития можно называть стабилизированным. В этой связи, в фитосоциологическом плане, длительно живущие лесообразующие породы выступают элементами стабильности лесных сообществ.

Отдельное направление исследований связано с обособлением устойчивых лесов (как коренных, так и разной степени нарушенности- производности) от лесов неустойчивых – необратимо производных, а также лесов, занимающих промежуточное положение, – устойчиво-производных, где процессы восстановления (демутации) и деградации находятся в состоянии

стабильного (или динамического) равновесия. Вопросы утраты лесами устойчивости не входят в рамки нашего сообщения.

В современных условиях коренные и даже пионерные леса повсеместно сменяются лесами переходными, серийными (длительно-производные и т.п.). Антропогенный фактор, наслаиваясь на естественные факторы, задаёт иную динамику современным лесообразовательным процессам. Типично-коренных, типичных лесов, а значит и таблиц хода роста в освоенных регионах уже нет. В этой связи проблемы современной классификации лесов связаны с моделированием динамических процессов в лесах производных, а также моделированием генетических рядов группировок растительности с оценкой стабильности и устойчивости лесов.

Отдельного исследования заслуживает генезис фитоценотипов в том плане, что основные лесообразующие породы вынуждены адаптироваться к антропогенным условиям (Комарова, 1984), проявлять свойства, занимающие серийное- промежуточное положение между эксплерентами и виолентами, накапливать (в ходе отбора) соответствующие приспособления. Антропогенная трансформация филогенетических процессов сочетается с антропогенным изменением биосферы, лесорастительных условий и, соответственно, флорогенетических процессов. Вновь складывающиеся серийные (переходные) фитоценотипы и лесорастительные условия имеют аналоги в естественных лесах, но в лесах современных (антропогенных) данные изменения принимают, несомненно, больший размер и, вероятно, иное качество.

Лесоводственные свойства лесных видов растений имеют в геоботанике комплексную характеристику − стратегию. Тип стратегии – фитоценотип формируется в процессе адаптации к конкретным условиям природной среды. С формированием конкретных лесорастительных условий для лесообразующих пород появляется необходимость проявления соответствующей стратегии, а для адаптивного поведения опять же необходимы соответствующие приспособления (морфометрические), признаки и свойства (анатомические, физиологические и пр.). В данном смысле систематизация фитоценотипов, или новая экологическая систематика, должна быть увязана с современными генетическими исследованиями и классической (морфометрической) систематикой приспособлений. Исследования фитоценотипов способствуют развитию биоиндикационной экологии, оценке этапов генезиса лесов.

Регламентируя лесохозяйственную деятельность, лесоустройство опирается на современные исследования стабильности и устойчивости лесов (Глушко, 1996; и др.). Необходимо, например, охарактеризовать этапы развития молодняков естественного происхождения в местах массовой гибели лесов: это стадии возрастного развития типично-коренного леса или это невыработанные коренные − серийные леса, может, это производные – сохраняющие устойчивость или необратимо производные леса? Распад ельников, а затем дубрав в регионе Среднего Поволжья, гибель лесов в истоках реки Матай и иных местах Дальнего Востока, нельзя относить к однозначно позитивной смене старого молодым, наподобие промежуточного распада пионерного древостоя.

Перспективы дальнейшего развития лесоведения в целом, и лесной таксации в частности, лежат на путях соотнесения понятий биогеоценоз – биогеосистема, с использованием достижений отечественной лесной школы (не путать с достижениями в области арифметики, программирования, оптики и т.п.) и зарубежного опыта, в целях оценки качественного состояния, тенденций динамики, а также направлений развития (генезиса) лесов. Лесной таксации совместно с лесоустройством давно пора привести современные леса в известность на предмет их стабильности (выработанности), нарушенности (производности) и устойчивости.

Библиографический список

1. *Глушко, С.Г.* Исследование устойчивости и стабильности в лесообразовательном процессе / Глушко С.Г. // Материалы международной конференции «Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока». − Хабаровск, 1996 . − С. 14-15.
2. *Глушко, С.Г.* О соотнесении понятий биогеоценоз и биогеосистема / Глушко С.Г. // Материалы международной конференции «Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии» (Электронный ресурс). − Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. – С. 24–27. − url: http://csfm.marstu.net/publications.html.
3. *Колесников, Б.П.* Кедровые леса Дальнего Востока / Б.П. Колесников // М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. − 261 с.
4. *Комарова, Т.А.* К вопросу о закономерностях вторичных сукцессий в лесах Южного Сихотэ − Алиня / Комарова Т.А.// Динамические процессы в лесах Дальнего Востока. − Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. − С. 21- 36.

УДК 630.524.63(470.343)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЛЕСНЫХ СТРАТАХ НА ТЕРРИТОРИИ УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА МАРИЙ ЭЛ

В. Л. Черных, Е. С. Вдовин
Марийский государственный технический университет

STATISTICAL DISTRIBUTION REGULARITIES OF THE BASIC TAXATIONAL MEASURES OF FOREST STRATUM ON THE TERRITORY OF MARI EL EDUCATIONAL EXPERIENCED FORESTRY

V. L. Chernyh, E. S. Vdovin
Mari State Technical University

Введение. Во время инвентаризации лесов на больших площадях выборочно-статистическим методом генеральная совокупность представлена большим количеством насаждений, разнообразных по форме, составу, возрасту, полноте и лесорастительным условиям. С целью определения запаса и его текущего прироста по преобладающим и составляющим породам, классам возраста и почвенно-типологическим условиям проводится типическое расслоение совокупности, или стратификация лесов, вследствие этого получаются более однородные группы смешанных, относительно одновозрастных, разнополнотных насаждений. Для правильной и точной оценки запаса и его текущего прироста в целом по стратам необходимо знать таксационное строение страты как единицы учета. Исследования таксационного строения сложных статистических совокупностей помогают не только более глубоко узнать саму природу леса, но и характер распределения деревьев по таксационным показателям, а также взаимосвязи между диаметром, высотой, запасом, приростом и пр.[1].

Следовательно, страта – это специальным способом образованная территориальная общность таксационных выделов, определяемая либо техническими и технологическими особенностями лесоучётных работ, либо однородностью антропогенных и природных воздействий, либо однородностью реакции на эти воздействия [2].

Лесоустроительной наукой и практикой такими признаками определены преобладающая древесная порода, класс (группа) возраста, класс бонитета насаждений, тип лесорастительных условий. Кроме того, могут выделяться части объекта по хозяйственным или другим признакам. В то же время дробность стратификации объекта, или степень детализации результатов инвентаризации, возможна лишь до определенного предела, после которого даль-

нейшее дробление объекта не имеет смысла. Такой предел, видимо, может определяться точностью результативных данных в стратах, характеризующих общие запасы насаждений [3,4].

Стратификацию проводят перед проведением полевых исследований. Такую выборку, по мнению Ж. Авери, необходимо применять в случае, когда дисперсия запасов между стратами больше дисперсии внутри страты [5].

Столетние исследования по строению однородных и разнородных по составу, возрасту и полноте насаждений показывают, что в древесной растительности, как и во всех природных явлениях биологического характера, проявляется математически определенная гармония дифференциации деревьев по закону так называемого нормального распределения, с сохранением некоторой асимметрии и эксцесса. Из известных работ А. В. Тюрина (1923), А.И. Тарашкевича (1924), Н. В. Третьякова (1927) и других вытекает, что статистическое распределение деревьев по диаметру, высоте и другим таксационным показателям не зависит от породы, возраста, бонитета и полноты. Одновременно отмечается, что характер распределения количества стволов по ступеням толщины связан с размерами среднего диаметра насаждений и, в большей степени,— с интенсивностью разных выборочных рубок и других антропогенных факторов.

Цель работы: анализ строения лесных страт по таксационным показателям.

Решаемые задачи:

1) стратификация лесного фонда лесничества (лесного района в пределах субъекта Федерации;

2) формирование баз данных для их последующей статистической обработки;

3) выявление закономерностей распределения основных таксационных показателей внутри лесных страт.

Методика исследований. Согласно п. 1.1. Рабочих правил проведения полевых работ по государственной инвентаризации лесов [6], для определения количественных и качественных характеристик лесов в пределах лесного района разрабатывается единая оптимальная схема стратификации. Стратификация проводится путем группирования лесных насаждений в относительно однородные группы (страты), в пределах которых изменчивость запасов древесины меньше, чем в общей совокупности. Для осуществления стратификации используются таксационные характеристики выделов, установленные при лесоустройстве. В качестве определяющих таксационных признаков для формирования страт могут использоваться:

- группа древесных пород (или преобладающая древесная порода);
- группа возраста;
- типы (или группы типов) лесорастительных условий;
- высотная поясность в горных условиях.

Стратификация приносит уточнение оценки наблюдаемых величин. Даже в случае, когда большая территория кажется однородной, целесообразно подразделить ее схематически на блоки и работать с ней, как со стратифицированной.

Проанализировав литературные источники и действующие Рабочие правила по ГИЛ, можно сделать вывод о том, что для российских лесов применяется достаточно простая схема стратификации, а именно, для формирования страт в пределах лесного района используются только два показателя: группа древесных пород и группа возраста.

Согласно методике [6], которая принята в России при проведении ГИЛ, нами проведена стратификация территории лесного фонда Учебно-опытного лесничества МарГТУ

(уменьшенная копия объекта ГИЛ). В результате анализа таксационной характеристики лесного фонда выявлено 13 страт: хвойные (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые); твердолиственные (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые); мягколиственные (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые); непокрытые лесом земли.

Аналогичным образом был стратифицирован лесной фонд Республики Марий Эл.

Соотношение лесных земель лесничества по преобладающим породам следующее: хвойные насаждения занимают 51,9 %, мягколиственные – 45,0 %, твердолиственные – 0,5 % от площади лесных земель лесничества. Породный состав лесов республики аналогичен. Хвойные насаждения занимают 51,0 % , мягколиственные 48,2 % и твердолиственные − 0,8 % лесных земель.

Поскольку твердолиственные насаждения на территории лесничества занимают небольшую площадь (менее 1% от общей площади), твердолиственные старты были исключены из рассмотрения. Страта непокрытых лесом земель не рассматривалась.

Далее были сформированы базы данных по каждой страте для трех периодов лесоустройства (1983 г., 1991 г. и 2003 г.) по Учебно-опытному лесничеству МарГТУ. Кроме того, были сформированы базы данных по стратам для лесного фонда республики.

Статистическая обработка баз данных проводилась в среде MS Excel.

Результаты исследований. Известно, что могут быть разные подходы при выборе типа распределения. К.Е. Никитин и А.З. Швиденко [7] отмечают, что наиболее распространенные подходы можно разделить на три группы:

1. Предполагаемый закон распределения выбирают на основе оценки теоретических предпосылок, изучения физических условий формирования данной величины и т.д.
2. Вычисляют аналитические параметры рядов и по ним устанавливают тип распределения в пределах некоторого семейства кривых.
3. Исходное распределение преобразуют в известный и «более простой» тип.

Первый путь более перспективен при теоретическом осмыслении изучаемого явления и обобщения. Во втором случае можно аналитически представить любые распределения в лесных исследованиях. Он удобен для свертки информации, но связь формул с реальной ситуацией часто более полно не усматривается. Третий подход применяют для преобразования асимметричных распределений в нормальные, но здесь есть трудности математического порядка, и его в лесоводственных исследованиях используют редко. Наиболее перспективными являются первый и второй путь.

Если рассматривать теоретические предпосылки возможных распределений в лесоводственных исследованиях, то можно сделать вывод о том, что в идеале они должны соответствовать закону нормального распределения. Это вытекает из центральной предельной теоремы Ляпунова и подтверждается рядом авторов [7,8]. Закон нормального распределения вероятностей в практике находит широкое применение.

В практике воздействие различных факторов приводит к несколько асимметричным распределениям.

Для проверки гипотез о соответствии эмпирических распределений любому теоретическому непрерывному распределению F(x) с заранее известными параметрами нами использовался критерий согласия Колмогорова-Смирнова, который в своем классическом виде является более мощным, чем критерий χ^2.

В качестве теоретических непрерывных распределений нами были выбраны два: первое – нормальное распределение и второе – распределение Вейбулла.

Нормальное распределение, также называемое гауссовским распределением или распределением Гаусса, распределение вероятностей, которое задается функцией плотности распределения:

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}\cdot e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\cdot\sigma^2}}, \quad (1)$$

где параметр μ − среднее значение (математическое ожидание) случайной величины, указывает координату максимума кривой плотности распределения; σ^2 − дисперсия; x – случайная величина.

Распределение Вейбулла в теории вероятностей − двухпараметрическое семейство абсолютно непрерывных распределений, которое задается функцией плотности распределения:

$$f(x)=\frac{\alpha}{\beta}\cdot\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1}\cdot e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}}, \quad (2)$$

где параметр α – параметр формы (α>0); β –параметр масштаба (β>0); x – случайная величина.

При проверке эмпирических распределений на соответствие теоретическим распределениям оказалось, что на уровне доверительной вероятности 95 % эмпирические распределения могут соответствовать как нормальному распределению, так и распределению Вейбулла, поскольку критерий Колмогорова-Смирнова не превышает критических значений на 5 % уровне значимости.

В табл. 1-6 приведены параметры распределений для страт по годам учёта внутри каждой страты на примере Учебно-опытного лесничества МарГТУ. Несмотря на то, что критерий Колмогорова-Смирнова для обоих типов распределений не превышает критических значений на принятом уровне значимости, однако прослеживается тенденция: при движении от 1983 к 2003 году распределение Вейбулла даёт более предпочтительные результаты в отличие от нормального при проверке с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Также стоит отметить, что распределение Вейбулла чаще лучше описывает распределение в стратах молодняков и средневозрастных насаждений из-за значительной положительной асимметрии в этих стратах.

Таблица 1

Статистики рядов нормального распределения для высот в стратах по годам лесоустройства Учебно-опытного лесничества МарГТУ

Хозяйство	Группа возраста	Шифр страты	1983			1991			2003		
			Параметры			Параметры			Параметры		
			μ	σ	V	μ	σ	V	μ	σ	V
Хвойное	молодняки	хм	7,8	4,3	55,5	8,6	4,4	51,3	8,3	5,0	60,8
	средневозрастные	хср	18,7	4,1	21,9	19,4	3,7	19,1	21,9	4,0	18,5
	приспевающие	хп	23,8	3,2	13,2	22,4	3,2	14,4	23,8	2,8	11,8
	спелые	хсп	25,3	2,8	11,1	24,7	3,0	12,2	27,9	2,4	8,6
Мягколиственное	молодняки	мм	4,5	3,3	72,9	5,7	2,9	50,3	7,0	2,8	40,1
	средневозрастные	мср	19,9	4,6	22,9	20,1	4,6	22,8	17,3	5,0	28,7
	приспевающие	мп	22,5	3,3	14,7	22,5	3,3	14,6	23,5	2,7	11,6
	спелые	мсп	24,1	2,0	8,5	24,0	2,4	9,8	25,9	2,3	8,8

Таблица 2

Статистики рядов нормального распределения для диаметров в стратах по годам лесоустройства Учебно-опытного лесничества МарГТУ

Хозяйство	Группа возраста	Шифр страты	1983			1991			2003		
			Параметры			Параметры			Параметры		
			μ	σ	V	μ	σ	V	μ	σ	V
Хвойное	молодняки	хм	8,2	4,6	56,4	9,0	4,6	50,9	8,3	4,9	58,6
	средневозрастные	хср	21,5	5,6	26,2	22,0	5,0	22,6	22,7	5,0	22,1
	приспевающие	хп	29,7	4,5	15,2	26,6	5,5	20,6	24,7	4,1	16,5
	спелые	хсп	33,4	6,2	18,5	32,6	6,5	20,0	33,7	5,5	16,3
Мягко-лиственное	молодняки	мм	4,1	3,0	72,7	4,9	2,7	54,5	4,6	2,2	47,9
	средневозрастные	мср	19,3	4,6	23,5	19,6	5,0	25,3	14,3	5,1	35,6
	приспевающие	мп	23,7	4,9	20,8	22,6	4,3	19,3	20,7	3,1	14,9
	спелые	мсп	28,1	4,1	14,6	28,2	4,9	17,5	26,3	4,0	15,2

Таблица 3

Статистики рядов нормального распределенияпо для запасов в стратах по годам лесоустройства Учебно-опытного лесничества МарГТУ

Хозяйство	Группа возраста	Шифр страты	1983			1991			2003		
			Параметры			Параметры			Параметры		
			μ	σ	V	μ	σ	V	μ	σ	V
Хвойное	молодняки	хм	69,1	50,1	72,4	87,9	64,7	73,5	90,8	65,6	72,2
	средневозрастные	хср	196,2	67,8	34,5	228,4	63,2	27,6	245,2	59,5	24,3
	приспевающие	хп	242,6	65,0	26,7	266,3	60,1	22,5	246,0	46,4	18,8
	спелые	хсп	232,9	61,1	26,2	269,8	56,7	21,0	268,8	40,5	15,1
Мягко-лиственное	молодняки	мм	26,8	28,0	104,4	33,9	32,3	95,2	37,8	25,4	67,1
	средневозрастные	мср	192,0	68,3	35,6	197,3	69,6	35,3	144,7	71,8	49,6
	приспевающие	мп	226,2	62,4	27,5	221,0	60,0	27,2	210,1	49,8	23,6
	спелые	мсп	248,0	61,1	24,6	253,1	73,3	28,9	258,5	57,1	22,1

Таблица 4

Статистики рядов распределения Вейбулла для высот в стратах по годам лесоустройства Учебно-опытного лесничества МарГТУ

Шифр страты	1983						1991						2003					
	Параметры						Параметры						Параметры					
	α	β	E	A	V	$\bar{X}$	α	β	E	A	V	$\bar{X}$	α	β	E	A	V	$\bar{X}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
хм	1,8	8,7	0,5	0,7	56,3	7,7	2,0	9,7	0,2	0,6	51,3	8,6	1,6	9,2	0,9	0,9	62,5	8,2
хср	5,1	20,4	-0,1	-0,3	22,5	18,7	6,1	20,9	0,1	-0,4	19,1	19,4	7,0	23,5	0,2	-0,5	16,8	21,9
хп	9,2	25,1	0,5	-0,6	13,1	23,8	7,8	23,7	0,3	-0,5	15,2	22,3	10,1	25,0	0,6	-0,6	11,9	23,8
хсп	11,0	26,4	0,7	-0,7	11,0	25,2	10,9	25,8	0,7	-0,7	11,0	24,7	12,5	28,9	0,8	-0,7	9,8	27,7
мм	1,5	5,1	1,5	1,1	68,6	4,6	2,1	6,4	0,2	0,6	50,6	5,7	2,7	7,9	-0,2	0,3	39,5	7,0

Окончание табл. 4

мср	5,0	21,6	-0,1	-0,2	23,1	19,9	5,1	21,8	-0,1	-0,3	22,5	20,1	3,9	19,2	-0,3	-0,1	28,5	17,4
мп	7,3	24,0	0,2	-0,5	16,1	22,5	7,7	23,9	0,3	-0,5	15,5	22,5	11,5	24,6	0,7	-0,7	10,6	23,5
мсп	12,8	25,0	0,8	-0,7	9,4	24,0	10,6	25,1	0,6	-0,7	11,4	23,9	11,4	27,0	0,7	-0,7	10,7	25,8

Таблица 5

Статистики рядов распределения Вейбулла для диаметров в стратах по годам лесоустройства Учебно-опытного лесничества МарГТУ

Шифр страты	1983						1991						2003					
	Параметры						Параметры						Параметры					
	α	β	*E*	*A*	*V*	$\bar{X}$	α	β	*E*	*A*	*V*	$\bar{X}$	α	β	*E*	*A*	*V*	$\bar{X}$
хм	1,8	9,3	0,5	0,7	56,4	8,2	2,1	10,1	0,2	0,6	50,7	9,0	1,8	9,4	0,6	0,8	58,2	8,3
хср	3,9	23,7	-0,3	-0,1	28,8	21,4	4,4	23,9	-0,2	-0,2	25,5	21,8	5,2	24,7	-0,1	-0,3	22,1	22,7
хп	7,4	31,6	0,2	-0,5	16,1	29,7	4,9	28,8	-0,1	-0,2	23,3	26,4	6,1	26,4	0,0	-0,4	19,2	24,5
хсп	4,5	36,0	-0,2	-0,2	25,3	32,8	4,4	35,2	-0,2	-0,2	25,8	32,1	4,9	36,1	-0,1	-0,2	23,5	33,1
мм	1,5	4,6	1,2	1,0	66,3	4,1	2,0	5,5	0,3	0,7	53,3	4,9	2,2	5,3	0,0	0,5	47,3	4,7
мср	4,8	21,1	-0,2	-0,2	23,8	19,3	4,6	21,4	-0,2	-0,2	24,5	19,6	3,1	16,0	-0,3	0,1	34,9	14,3
мп	5,1	25,7	-0,1	-0,3	22,3	23,7	5,6	24,3	0,0	-0,3	20,6	22,5	7,2	22,1	0,2	-0,5	16,3	20,7
мсп	6,8	29,9	0,2	-0,4	17,2	27,9	6,1	30,3	0,1	-0,4	19,0	28,2	6,6	28,1	0,1	-0,4	17,7	26,2

Таблица 6

Статистики рядов распределения Вейбулла для запасов в стратах по годам лесоустройства Учебно-опытного лесничества МарГТУ

Шифр страты	1983						1991						2003					
	Параметры						Параметры						Параметры					
	α	β	*E*	*A*	*V*	$\bar{X}$	α	β	*E*	*A*	*V*	$\bar{X}$	α	β	*E*	*A*	*V*	$\bar{X}$
хм	1,4	75,7	1,9	1,2	73,1	69,1	1,3	95,8	2,1	1,3	75,0	87,9	1,4	100,0	1,8	1,2	71,6	91,0
хср	3,2	219,0	-0,3	0,1	34,4	196,1	4,1	251,5	-0,2	-0,1	27,2	228,5	4,3	267,6	-0,2	-0,1	26,4	243,4
хп	4,3	266,8	-0,2	-0,1	26,4	242,7	5,2	289,3	-0,1	-0,3	22,0	266,3	6,1	264,4	0,1	-0,4	19,1	245,5
хсп	4,1	255,8	-0,2	-0,1	27,2	232,3	5,6	291,4	0,0	-0,3	21,7	269,3	7,3	285,4	0,2	-0,5	16,1	267,6
мм	1,1	28,3	3,9	1,7	88,1	27,0	1,3	37,0	2,7	1,4	79,5	34,3	1,6	42,5	1,0	1,0	63,5	38,0
мср	3,1	214,7	-0,3	0,1	35,2	192,0	3,1	220,4	-0,3	0,1	35,2	197,1	2,1	163,9	0,1	0,5	48,9	145,2
мп	4,1	249,4	-0,2	-0,1	27,5	226,4	4,0	243,0	-0,3	-0,1	28,0	220,3	4,5	229,3	-0,2	-0,2	25,2	209,3
мсп	4,6	271,8	-0,2	-0,2	24,8	248,2	3,8	280,3	-0,3	0,0	29,6	253,2	4,7	281,5	-0,2	-0,2	24,0	257,7

Для оценки большей совокупности были рассчитаны статистики рядов нормального распределения и распределения Вейбулла по основным таксационным показателям страт на примере Республики Марий Эл (табл. 7-8) .

Таблица 7

Статистики рядов нормального распределения по основным таксационным показателям страт на примере Республики Марий Эл

Хозяйство	Группа возраста	Шифр страты	По высоте			По диаметру			По запасу		
			Параметры			Параметры			Параметры		
			μ	σ	V	μ	σ	V	μ	σ	V
Хвойное	молодняки	хм	7,4	4,9	66,4	7,8	4,8	61,4	67,6	52,8	78,0
	средневозрастные	хср	18,7	3,5	18,7	19,7	4,1	21,0	192,3	58,4	30,4
	приспевающие	хп	22,6	3,1	13,7	25,4	4,3	16,8	239,5	57,5	24,0
	спелые	хсп	24,2	4,1	16,9	30,7	6,6	21,6	234,7	68,9	29,3
Мягколиственное	молодняки	мм	7,6	3,4	45,5	6,3	3,3	52,8	47,1	33,2	70,5
	средневозрастные	мср	17,6	3,8	21,7	15,8	4,1	25,7	151,1	53,0	35,1
	приспевающие	мп	21,9	3,1	13,9	20,8	3,8	18,2	201,7	49,1	24,4
	спелые	мсп	24,5	2,4	9,9	26,8	4,9	18,4	229,2	59,3	25,9

Таблица 8

Статистики рядов распределения Вейбулла по основным таксационным показателям страт на примере Республики Марий Эл

Шифр страты	По высоте						По диаметру						По запасу					
	Параметры						Параметры						Параметры					
	α	β	E	A	V	$\bar{X}$	α	β	E	A	V	$\bar{X}$	α	β	E	A	V	$\bar{X}$
хм	1,5	8,1	1,6	1,1	69,8	7,4	1,7	8,7	0,8	0,9	61,3	7,8	1,3	73,0	2,6	1,4	79,2	67,7
хср	6,2	20,1	0,1	-0,4	18,8	18,7	5,1	21,3	-0,1	-0,3	22,6	19,6	3,7	213,0	-0,3	0,0	30,5	192,1
хп	9,4	23,8	0,5	-0,6	12,7	22,6	6,1	27,2	0,1	-0,4	19,1	25,2	4,8	260,7	-0,2	-0,2	23,8	238,8
хсп	7,8	25,8	0,3	-0,5	15,1	24,3	4,7	33,4	-0,2	-0,2	24,2	30,5	3,9	258,9	-0,3	-0,1	28,8	234,3
мм	2,3	8,5	0,0	0,5	46,0	7,5	2,0	7,1	0,3	0,6	52,7	6,3	1,5	52,5	1,3	1,0	67,0	47,3
мср	5,3	19,1	-0,1	-0,3	21,9	17,6	4,3	17,3	-0,2	-0,1	26,5	15,8	3,1	168,9	-0,3	0,1	35,3	151,0
мп	8,8	23,2	0,4	-0,6	13,5	22,0	5,7	22,3	0,0	-0,3	20,2	20,6	4,5	220,3	-0,2	-0,2	25,2	201,1
мсп	11,7	25,5	0,7	-0,7	24,4	24,4	5,4	28,9	-0,1	-0,3	21,5	26,6	4,3	251,7	-0,2	-0,1	26,5	228,9

Многие исследователи отмечали, что коэффициент изменчивости стволов как по диаметру, так и по высоте в однородных насаждениях зависит от возраста, то есть с увеличением возраста коэффициент изменчивости уменьшается. Подобное явление отмечается и в стратах, но коэффициенты изменчивости более высокие, чем в отдельных насаждениях.

Наряду с коэффициентом варьирования важными показателями распределения в стратах по высоте, диаметру и запасу являются показатели асимметрии и эксцесса ряда. Анализ полученных данных показывает, что величина асимметрии и эксцесса ряда изменяется в довольно широких пределах:

$$-0{,}7 \le A_h \le +1{,}1; \qquad -0{,}3 \le E_h \le +1{,}5;$$
$$-0{,}4 \le A_d \le +1{,}0; \qquad -0{,}3 \le E_d \le +1{,}2;$$
$$-0{,}5 \le A_M \le +1{,}7; \qquad -0{,}3 \le E_M \le +3{,}9.$$

Высшего своего развития асимметрия в сторону положительных отклонений достигает в стратах молодняков. С увеличением возраста показатель асимметрии уменьшается с появлением в дальнейшем отрицательной, то есть правой, асимметрии. Такое заметное отклонение распределения от нормального ряда в молодняках говорит о большой заселенности в низших ступенях толщины и тем самым о малой интенсивности рубок ухода.

Величина эксцесса при распределении диаметров в обследованных стратах изменяется в относительно широких пределах, т.е. при низших средних диаметрах (в стратах молодняков) показатель эксцесса достигает +1,2, что свидетельствует о большой заселенности ступеней толщины вокруг среднего диаметра. Низковершинные кривые с сильно выраженным отрицательным эксцессом не встречаются.

Интервалы статистического ряда с увеличением возраста, как правило, уменьшаются, однако в некоторых случаях отмечается увеличение статистического ряда, то есть с увеличением возраста статистический ряд расширяется и тем самым понижает заселенность средних ступеней толщины.

Заканчивая анализ таксационного строения, отметим, что в большинстве случаев характер распределения по высоте, диаметру и запасу в страте может быть достаточно точно отражен функцией нормального распределения, однако в отдельных случаях (страты молодняков) необходимо рекомендовать использовать функцию Вейбулла.

Выводы:

1. Статистики рядов распределения древостоев по таксационным показателям тесно связаны с возрастом.

2. Изменчивость таксационных показателей в стратах снижается с увеличением возраста и принимает характеристику от очень большой в молодняках до умеренной в спелых насаждениях.

3. Значения асимметрии и эксцесса в большинстве случаев имеют допустимые пределы для корректной оценки.

4. Для оценки таксационных показателей при государственной инвентаризации лесов в стратах, характеризующих приспевающие и спелые насаждения, рекомендуется использовать закон нормального распределения, а для оценки молодняков и средневозрастных насаждений − распределение Вейбулла.

Библиографический список

1. *Антанайтис, В.В.* Опыт инвентаризации лесов Литвы математико-статистическим методом / В.В. Антанайтис, И.Н. Репшис. − М.: Лесн. пром-сть, 1973. − 104 с.
2. *Филипчук, А.Н.* Определение объема выборки для государственной инвентаризации лесов России / А.Н. Филипчук, Д.В. Хлюстов, Г.Н. Чадин // Лесной вестник. − М., 2009. − № 3 (66). – С. 64-66.
3. *Федосимов, А.Н.* Выборочная таксация леса / А.Н. Федосимов, В.Г. Анисочкин. − М.: Лесн. пром-сть, 1979. − 170 с.
4. *Федосимов, А.Н.* Инвентаризация леса выборочными методами / А.Н. Федосимов. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 192 с.
5. *Филипчук, А.Н.* Обзор методов инвентаризации в зарубежных странах / А.Н. Филипчук, В.В. Страхов, В.К. Тепляков // Экспресс-информация. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1994. – 25 с.
6. Государственная инвентаризация лесов Российской Федерации. Рабочие правила проведения полевых работ / Рослесинфорг. − М., 2009. − 96 с.
7. *Никитин, К.Е.* Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 272 с.
8. *Митропольский, А.К.* Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Физматгиз, 1971. – 576 с.

УДК 630.165:630.187(470.41)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОСИНЫ В ЗАКАМЬЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

В. И. Чернов
Казанский государственный аграрный университет

THE COMPARATIVE ESTIMATION OF VARIOUS SPECIES OF ASPEN IN ZAKAMSKY REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

V. I. Chernov
Kazan State Agrarian University

С 2007 года научно-исследовательской группой факультета лесного хозяйства и экологии Казанского государственного аграрного университета на базе Сабинского лесничества Министерства лесного хозяйства Республики Татарстан начата масштабная работа по замене низкотоварных фаутных осинников Республики Татарстан быстрорастущими, гнилеустойчивыми и высокотоварными клонами. Комплекс работ, связанный с оздоровлением осинников РТ, включает в себя анализ текущего состояния осинников Республики Татарстан, закладку постоянных пробных площадей в здоровых, высокопродуктивных осиновых древостоях республики, в которых проводятся комплексные биогеоценотические обследования, выявляются и ставятся на учет перспективные клоны и экземпляры осины в целях их размножения методом in vitro и разведения в лесах республики. Это позволит существенно поднять продуктивность, экологическую значимость и экономический потенциал лесов Татарстана.

При изучении осиновых насаждений на значительной площади установлено, что в Республике Татарстан имеются различные формы осины. По цвету коры и другим морфологическим признакам в условиях Закамья РТ нами выделены две формы осины: серокорая и зеленокорая.

Серокорая осина распространена в условиях Татарстана значительно реже, чем зеленокорая. Она произрастает как на дренированных суглинистых, а иногда и супесчаных, так и на сильно увлажненных глинистых почвах.

Кора у деревьев этой формы на высоте груди имеет толщину 1,5-2 см с извилистыми трещинами, простирающимися по стволу до 2-3 м высоты. У комля кора темная с сероватыми пятнами, в средней части − серая, в верхней − серая с зеленоватым оттенком.

Стволы деревьев в большинстве случаев прямые с высоко поднятой овальной формы кроной.

Серокорая осина очень сильно подвержена заболеванию грибом Phellinustremulae (Bond.) Bond. Et. Boriss.

Насаждения серокорой осины обладают довольно высокими запасами древесины. Средний запас древесины в обследованных насаждениях составляет 248 м^3/га, в том числе осины − 231 м^3/га. Средний прирост по высоте составляет 49 см в год, по диаметру на высоте груди – 0,46 см. В целом серокорая осина обладает неплохой продуктивностью (I класс бонитета).

Однако качество древесины нельзя признать удовлетворительным, так как число деревьев с плодовыми телами ложного трутовика составляет в среднем 15 %, а в одном из шести обследованных насаждений – свыше 30 %.

Для выращивания высококачественных насаждений осины нами выявлены, а затем отобраны наиболее быстрорастущие деревья, у которых отсутствует сердцевинная гниль. Такие деревья в дальнейшем будут служить маточниками, с которых будут браться материалы для дальнейшего размножения методом биотехнологии. Хотя серокорая осина не является лучшей формой, однако и среди этой формы встречаются отдельные деревья с более быстрым ростом и с отсутствием сердцевинной гнили.

Зеленокорая осина – самая распространенная форма в республике, встречающаяся в разнообразных условиях произрастания. Деревья имеют гладкую зеленую кору толщиной 1,0-1,5 см. У основания ствола кора более толстая, с неглубокими извилистыми трещинами, цвет ее от серого до темно-серого со светлыми пятнами.

Листья у зеленокорой осины более крупные, чем у серокорой, овальной формы, слегка приплюснутые у основания. Стволы большей частью прямые, но встречаются деревья с небольшими искривлениями ствола в верхней части. Протяженность кроны по стволу достигает 50-60 %. Средний прирост по высоте составляет 52 см, по диаметру на высоте груди – 0,48 см в год.

Зеленокорая осина наиболее устойчива к заболеванию грибом Phellinustremulae (Bond.) Bond. Et. Boriss и является самой быстрорастущей формой в условиях Татарстана. Количество деревьев с плодовыми телами ложного трутовика в среднем по всем пробным площадям составляет 8 %, т.е. в два раза меньше, чем у серокорой осины.

О высокой продуктивности зеленокорой осины свидетельствует средний запас древесины на 1 га. Если при среднем возрасте серокорой осины 48 лет запас ее составляет 248 $м^3$/га, то запас зеленокорой осины в возрасте 43 лет – 297 $м^3$/га, т.е. средний прирост по массе у серокорой осины 5,1 $м^3$, у зеленокорой – 6,9 $м^3$ в год. Особенно высокий запас зеленокорой осины выявлен на пробной площади 8. Здесь запас осины в возрасте 40 лет достигает 470 $м^3$/га, следовательно, средний прирост древесной массы составляет 11,8 $м^3$ в год. Для условий Республики Татарстан это очень высокий прирост.

Еще более высокой продуктивностью обладают плюсовые деревья. Из обследованных данных видно, что эти деревья в возрасте 45 лет имеют среднюю высоту 26,8 м, диаметр на высоте груди 31,2 см. Средний прирост по высоте составляет около 60 см в год, по диаметру – 0,70 см. Отдельные плюсовые деревья имеют более высокие показатели роста. Так, на пробной площади 16 средний прирост по высоте у двух элитных деревьев составляет около 63 см, прирост по диаметру на высоте груди – 0,87 и 0,88 см в год, т.е. ширина годичного слоя равна 4 мм. Заметим, что, по данным А.С. Яблокова, у Шарьинской исполинской осины ширина годичного слоя у толстых деревьев составляет 6 мм, у менее толстых – 4 мм.

Однако, несмотря на то, что лесорастительные условия в РТ значительно хуже, чем в Шарьинской даче, где произрастает исполинская осина, некоторые деревья зеленокорой осины, выявленные в лесах республики, по энергии роста мало уступают лучшим деревьям осины Костромской области.

Таким образом различные формы осины отличаются между собой не только по морфологическим признакам, но и по продуктивности насаждений и пораженности сердцевинной гнилью.

Наилучшим ростом обладает зеленокорая осина (табл. 1) , средний прирост у которой по высоте составляет 51,9 см, а по диаметру на высоте груди − 0,48 см в год, т.е. превышает средний прирост серокорой осины на 10 %.

Таблица 1

Сравнительная характеристика насаждений различных форм осины

Формы осины	Средний возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр на высоте 1,3 м, см	Количество деревьев с плодовыми телами, %	Запас, $м^3$/га		Средний прирост, см	
					общий	в т.ч. осины	по высоте	по диаметру
Зелено-корая	43	22,3	20,8	8	296,6	283	51,9	0,48
Серо-корая	48	21,0	20,0	15	248	231	48,8	0,46

Повреждаемость зеленокорой осины грибом Phellinustremulae (Bond.) Bond. Et. Boriss значительно ниже, чем у серокорой осины, так как количество деревьев зеленокорой осины с плодовыми телами составляет 8 %, серокорой – 15 %.

Плюсовые деревья зеленокорой и серокорой форм осины также отличаются между собой по быстроте роста (табл. 2). Если средний прирост по высоте у зеленокорой осины составляет 60,0 см, а по диаметру на высоте груди – 0,70 см, то у серокорой − соответственно 56,4 и 0,65 см в год. Следовательно, элитные деревья зеленокорой осины обладают более высокой продуктивностью, чем плюсовые деревья серокорой осины.

Таблица 2

Сравнительные данные по росту плюсовых и обычных деревьев

Формы осины	Категория деревьев	Число деревьев	Средний возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр на высоте 1,3 м, см	Средний прирост			
						по высоте		по диаметру	
						см	%	см	%
Зеленокорая	обычные	3305	43	22,3	20,8	51,9	100	0,48	100
	плюсовые	41	45	26,8	31,2	60,0	116	0,70	145
Серокорая	обычные	1082	48	21,0	20,0	43,7	100	0,41	100
	плюсовые	20	41	25,7	26,9	56,4	129	0,65	158

Отличительной особенностью плюсовых деревьев является их большая продуктивность по сравнению с остальными деревьями древостоя.

Еще более наглядным является сравнение плюсовых и обычных деревьев одной и той же формы по среднему приросту. По данным табл. 2, у зеленокорой формы плюсовые деревья по сравнению с обычными имеют средний прирост по высоте больше на 16 %, а по диаметру на высоте груди – на 45 %; у серокорой формы средний прирост плюсовых деревьев выше, чем у обычных, соответственно на 29 и 58 %.

Из сказанного следует, что плюсовые деревья как зеленокорой, так и серокорой формы имеют более высокую продуктивность, чем остальные деревья насаждений соответствующих форм.

Библиографический список

1. *Багаев, С.Н.* Отбор, разведение и воспитание здоровой осины в Костромской области / С.Н. Багаев // Выращивание быстрорастущих пород в Костромской области. − М., 1967. – С.12-21.

2. Осинники Республики Татарстан, их хозяйственное значение, современное состояние и проблемы повышения их экономического и экологического потенциала / А.Х. Газизуллин, Р.Н. Минниханов, В.Н. Гиззатуллин и др. // Леса, лесной сектор и экология Республики Татарстан: сб. науч. ст. Вып. 1. – Казань: РИЦ «Школа», 2005. – С. 169 -177.

3. Результаты обследования осинников Западного Закамья Республики Татарстан на наличие быстрорастущих, здоровых элитных клонов для размножения методами биотехнологии / А.Х. Газизуллин, А.С. Пуряев, Н.Р.

Гарипов и др. // Леса, лесной сектор и экология Республики Татарстан: сб. науч. ст. Вып. 3. / отв. ред. А.Х. Газизуллин. – Казань: Школа, 2007. – С. 64-75. − (Материалы Всероссийской конференции).

4. Опыт выращивания осины из регенерантов, полученных по технологии in vitro, в Сабинском лесхозе РТ/ А.Х. Газизуллин, Н.М. Ятманова, А.С. Пуряев и др. // Леса, лесной сектор и экология Республики Татарстан: сб. науч. ст. Вып. 3. / отв. ред. А.Х. Газизуллин. – Казань: Школа, 2007. – С. 75-81. – (Материалы Всероссийской конференции).

5. *Яблоков, А.С.* Воспитание и разведение здоровой осины. − Изд. 2, перераб., доп. − М.: Гослесбумиздат, 1963.

УДК 630х43:630*236(470.343)

ОЦЕНКА УСПЕШНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ НА ПЛОЩАДЯХ, ПРОЙДЕННЫХ ПОЖАРАМИ 2010 ГОДА

Т. С. Батухтина

Марийский государственный технический университет

ESTIMATION OF SUCCESS OF NATURAL REFORESTATION IN AREAS COVERED BY FIRES OF 2010.

T. S. Batukhtina

Mari State Technical University

Возобновление растительности на крупных гарях, образовавшихся в результате действия крупных пожаров, – сложное природное явление. В 2010 году в Республике Марий Эл лесными пожарами было уничтожено 72,8 тыс. га леса. В ГКУ РМЭ «Куярское лесничество» пожары произошли на площади 8974 га. Остро встала проблема лесовосстановления на гарях.

Цель исследований древостоев − оценка успешности естественного возобновления основных лесообразующих пород после пожаров 2010 года в ГКУ РМЭ «Куярское лесничество».

Наши исследования выполнялись на территории Сурокского и Устье-Кундышского участковых лесничеств Куярского лесничества. Объект исследования − площади сосновых насаждений, пройденные пожарами 2010 года. Экспериментальным материалом послужили данные учета возобновления на 45 постоянных круговых площадках на 5 трансектах, заложенных в типах леса сосняк зеленомошный, сосняк майниково-брусничный и сосняк брусничный, пройденных различными видами пожаров. Размер круговых площадок 10 м^2 в количестве 10 штук на трансекте. На них выполнялся перечет всходов по породам. Лесоводственно-таксационная характеристика всходов на трансектах приведена в табл. 1. Количество возобновления на трансектах представлено в табл. 2.

Трансекты I и V заложены на участке древостоя, вырубленного летом 2011 года. Технология рубки не соблюдалась, вследствие чего поверхность почвы сильно нарушена лесозаготовительной техникой. Насаждение было пройдено верховым беглым пожаром. Возобновление сосной или отсутствует, или его количество очень небольшое (2,8 тыс. шт. на 1 га на трансекте V). При таком возобновлении в дальнейшем потребуется создание лесных культур. Естественное возобновление представлено в основном осиной. Несмотря на преобладание осины по количеству всходов, в данных лесорастительных условиях она не составит конкуренцию сосне.

Трансекты II, III и IV заложены в насаждениях, пройденных сильным низовым пожаром, в различных лесорастительных условиях (А2 и В2). На всех обследуемых трансектах наблюда-

лось обильное возобновление сосны (31,0 – 71,3 тыс. шт. на 1 га) − в целом более половины состава возобновления. Наибольшее количество возобновления наблюдалось в свежем бору, в условиях А2 (практически в 2 раза больше, чем в ТЛУ В2).

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев на трансектах (на I и V до пожара)

№ трансекты	Участковое лесничество	Категория насаждения	Квартал	Выдел	Площадь выдела	Состав	Тип леса	ТЛУ	Бонитет	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Полнота	Запас, м^3	Вид пожара
I	Устье-Кундыш.	Вырубка	59	15	13,5	6С2С2Б	СЗМ	А2	I	75	23	22	0,7	280	Верховой беглый
II	Устье-Кундыш.	Насажд.	99	4	1,7	7С3Б	СМБР	В2	I	75	23	24	0,7	270	Низовой сильной интенс.
III	Устье-Кундыш.	Насажд.	107	3	21,1	9С1Б	СМБР	В2	I	70	22	22	0,7	270	Низовой сильной интенс.
IV	Сурокское	Насажд.	92	1	36,4	10С	СБР	А2	II	70	19	24	0,6	190	Низовой сильной интенс.
V	Сурокское	Вырубка	91	5	45,7	7С3С	СБР	А2	II	70	20	24	0,7	240	Верховой беглый

Таблица 2

Количество возобновления на трансектах (тыс. шт./га)

№ трансекты	Категория участка	Тип леса	ТЛУ	Вид пожара	Породы			Всего	Состав возобновления
					сосна	осина	береза		
I	Вырубка	СЗМ	А2	Верховой беглый	0	35,0	2,0	37,0	9,5Ос0,5Б
V	Вырубка	СБР	А3	Верховой беглый	2,8	17,3	0,9	21,0	8,3Ос1,3С0,4Б
II	Насаждение	СМБР	В2	Низовой сильной интенс.	31,0	9,0	9,0	49,0	6,4С1,8Ос1,8Б
III	Насаждение	СМБР	В2	Низовой сильной интенс.	38,0	28,0	3,0	69,0	5,5С4,1Ос0,4Б
IV	Насаждение	СБР	А2	Низовой сильной интенс.	71,3	45,7	5,2	122,2	5,8С3,7Ос0,5Б

Собранные данные дают представление о начальном восстановительном процессе на гарях:

1. Количество естественного возобновления в суходольных типах леса зависит от вида пожара. Наименьшее его количество наблюдается при беглых верховых пожарах.

2. При одном и том же виде низового пожара возобновление различно в зависимости от ТЛУ. Наибольшее его количество наблюдается в условиях А2.

3. Требуется дальнейшее наблюдение за динамикой возобновления на постоянных круговых площадках.

4. При разработке товарных горельников необходимо перед рубкой производить оценку возобновления, применять технологии рубок с сохранением подроста.

Библиографический список

1. Методы научно-технического творчества в лесном хозяйстве: учебное пособие / С.А. Денисов, К.К. Калинин, В.Е. Веров и др. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 124 с.
2. *Калинин, К.К.* Воздействие крупных пожаров на лесные фитоценозы и система лесохозяйственных мероприятий по ликвидации их последствий (на примере лесных пожаров 1921 и 1972 гг. в лесном Среднем Заволжье): автореф. дис...д-ра с.-х. наук: 06.03.03 / К.К. Калинин; МарГТУ. – Йошкар-Ола, 2002.-47 с.: ил.
3. *Санников, С.Н.* Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / С.Н. Санников, Н.С. Санникова. – М.: Наука, 1685. – 152 с.

УДК 630х43:630*236(470.343)

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ НА ГАРЯХ 2010 ГОДА В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ (НА ПРИМЕРЕ КУЯРСКОГО И КУЖЕНЕРСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВ)

А. В. Алексеев, К. К. Калинин, Д. П. Мальков, А. В. Иванов,
Т. С. Батухтина, О. А. Янышева, Р. Р. Хусаинов
Марийский государственный технический университет

FEATURES OF NATURAL REGENERATION IN DIFFERENT FOREST VEGETATIVE CONDITIONS ON BURNED AREAS IN 2010 YEAR IN MARI EL REPUBLIC (ON THE EXAMPLE OF KUYARSKY AND KUZHENERSKY FORESTRY)

A. V. Alekseev K. K. Kalinin, D. P. Malkov, A. V. Ivanov,
T. S. Batukhtina, O. F.Yanisheva, R. R. Husainov
Mari State Technical University

Экстремальные погодные условия 2010 года вызвали в Республике Марий Эл большое количество пожаров. Общая площадь их составила 72,8 тыс. га. В связи с этим представляет большой интерес естественное возобновление на местах пожаров с целью разработки рекомендаций по лесовосстановлению горельников.

Наши исследования проводились в Куярском и Куженерском лесничествах.

Программой исследования предусматривалось следующее:

- лесоводственно-таксационная характеристика насаждений, пройденных пожаром по данным лесоустройства и лесопатологических обследований;
- рекогносцировочное обследование гарей с выявлением вида пожара и типа леса (ТЛУ) для закладки пробных площадей;
- закладка пробных площадей для учета естественного возобновления.

Первый программный вопрос изучен на примере пожаров в Куярском лесничестве.

Распределение площади насаждений, пройденных огнем в Куярском лесничестве, по видам пожаров и преобладающей породе представлено в табл. 1 и рис. 1.

В насаждениях были зарегистрированы все виды пожаров. В наибольшей степени повреждены огнем хвойные насаждения, в частности сосна на площади 6879,5 га (78,2 %). Береза повреждена на площади 1515,6 га (17,2 %). Наибольшая площадь насаждений пройдена низовым пожаром высокой интенсивности (60,7 %). Данным видом пожара повреждены все

породы, но в большей степени сосна. Верховым пожаром повреждено 14,4 % площади всех насаждений.

Таблица 1

Распределение площади насаждений по видам пожара и преобладающей породе, га

Преобладающая. порода	Вид пожара					Итого	
	Торфяной	Низовой низкой интенсив.	Низовой средней интенсив	Низовой высокой интенсив	Верховой беглый и устойчивый	га	%
Сосна	27	1463,7	85,6	4265,6	1037,5	6879,5	78,2
Пихта				3,4		3,4	0,03
Осина				5,9		5,9	0,07
Ольха черная		18,6		23,3		41,9	0,5
Липа нектарная		5,1		29,8		34,9	0,4
Липа		43,7		1,6	6,9	52,2	0,6
Ива древовидная		1,6		4,4		6,0	0,1
Ель		43,7	0,6	137	79,8	261,1	3,0
Береза	21,3	466,2	15,6	872,9	139,6	1515,6	17,2
Всего, га	48,3	2042,6	101,8	5344,8	1263,9	8801,4	100
%	0,5	23,2	1,2	60,7	14,4	100	

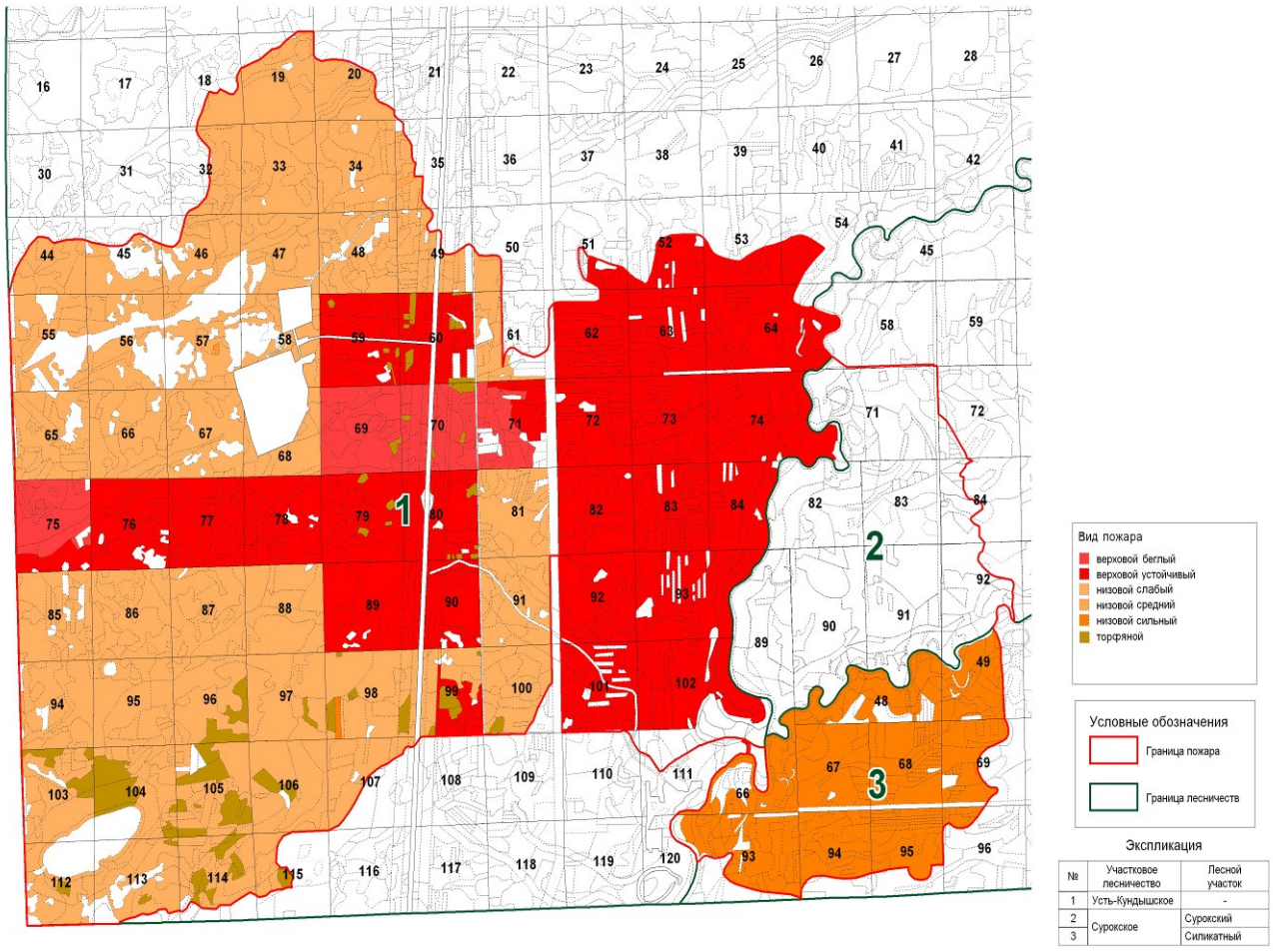


Рис. 1. Схема распределения сгоревших насаждений по видам пожара

В табл. 2 приведено распределение площадей насаждений по двум преобладающим породам: сосне и березе, в зависимости от типа лесорастительных условий и вида пожара.

Таблица 2

Распределение площади насаждений по видам пожара и ТЛУ, га

Преобладающая порода	ТЛУ	Вид пожара					
		Торфяной	Низовой низк. интенсив.	Низовой сред. интенсив.	Низовой высок. интенсив.	Верховой беглый и устойчивый	Итого
Сосна	A_1		146,5	15,2	160,8	21,0	343,5
	A_2		217,9	1,2	791,8	162,8	1173,7
	A_3	2,8	175,1		771,5	134,6	1084,0
	A_4		131,8	8,9	514,8	131,5	787,0
	A_5		104,9	44,6	188,0	35,4	372,9
	B_2	24,2	482,9	13,0	1298,0	467,6	2285,7
	B_3		251,4	8,8	618,1	59,0	937,3
	B_4		35,4	3,0	69,7	26,0	134,1
	B_5		21,7	2,1	59,6		83,4
Всего по сосне		27,0	1567,6	96,8	4472,3	1037,9	7201,6
Береза	A_1		0		1,5		1,5
	A_2		10,4		16,6	7,8	34,8
	A_3	13,4	37,3	1,9	131,8	34,2	218,6
	A_4		110,2	6,6	236,6	3,2	356,6
	A_5		40,5	1,2	3,9		45,6
	B_2		24,5		134,8	16,1	175,4
	B_3		30,7		34,0	2,6	67,3
	B_4		123,2	4,3	196,3	35,6	359,4
	B_5		15,1	1,6	76,9		93,6
	C_2		0		1,1		1,1
	C_3	7,9	84,3		21,6	24,1	137,9
	C_4		12,8		33,2	16,0	62,0
	C_5		1,9		2,7		4,6
Всего по березе		21,3	490,9	15,6	891,0	139,6	1558,4
Всего		48,3	2058,5	112,4	5363,3	1177,5	8760,0

Наибольшие площади сосны по всем видам пожара пострадали в условиях свежей субори и свежего бора.

Что касается березовых насаждений, то наибольшие площади были охвачены пожарами в условиях сырой субори (B_4) и сырого бора (A_4), соответственно 359,4 и 356,6 га. Также значительные площади пройдены огнем в условиях влажного бора (A_3) и свежей субори (B_2).

Наибольшую поврежденную пожаром площадь составляют насаждения сосны и березы полнотой 0,7…0,8 (табл. 3).

Наиболее повреждены огнем насаждения сосны IV класса возраста, в меньшей степени − молодняки. Наибольшие площади березняков, поврежденных огнем, приходятся на VII, VIII, IX классы возраста (табл. 4).

Таблица 3

Распределение площади насаждений по видам пожара и полноте, га

Преобладающая порода	Относительная полнота	Вид пожара					
		Торфяной	Низовой низк. интенсив.	Низовой сред. интенсив	Низовой высок. интенсив	Верховой беглый и устойчивый	Итого
Сосна	0,3		2,9		12,3	2,7	17,9
	0,4		0,2		12,8	2,2	15,2
	0,5	2,8	38,4	17,6	159,1	89,3	307,2
	0,6		160,8		579,6	87,8	828,2
	0,7	24,2	794,6	59,2	2192,7	559,5	3630,2
	0,8		423,8	8,8	1140,8	283,7	1857,1
	0,9		20,4		108,0	6,1	134,5
	1,0				12,5		12,5
Всего		27,0	1441,1	85,6	4217,8	1031,3	6802,8
Береза	0,5		50,7	1,5	26,7	3,9	82,8
	0,6		56,0	0,4	126,1	10,8	193,3
	0,7	9,5	96,2	1,9	250,8	74,4	432,8
	0,8	9,0	190,5	7,7	169,9	48,1	425,2
	0,9	2,8	72,8	2,9	253,1	2,4	334,0
	1,0			1,2	46,3		47,5
Всего по березе		21,3	466,2	15,6	872,9	139,6	1515,6
Всего		48,3	1907,3	101,2	5090,7	1170,86	8318,36

Таблица 4

Распределение площади насаждений по видам пожара и классам возраста, га

Преобладающая порода	Класс возраста	Вид пожара					
		Торфяной	Низовой низк. интен-сив.	Низовой сред. интенсив.	Низовой высок. интенсив.	Верховой беглый и устойчивый	Итого
Сосна	1		3,7		8,3	1,4	13,4
	2		104,8		241,9	116,7	463,4
	3		54,9	16,1	177,8	24,0	272,8
	4		301,3	9,2	477,0	97,6	885,1
	5		809,6	68,3	2587,2	443,8	3908,9
	6		133,7	1,1	528,0	174,7	837,5
	7		107,5		284,4	120,5	512,4
	8		35,3		139,5	17,8	192,6
	9	24,2	10,1	2,1	27,1	41,4	104,9
	10	2,8	6,7		1,1		10,6
Всего по сосне		27,0	1567,6	96,8	4472,3	1037,9	7201,6
Береза	1		12,6	1,9	80,4	14,0	108,9
	2	1,6	31,5		85,7	41,8	160,6
	3		27,7	3,0	47,6	15,8	94,1
	4		29,4	0,5	63,2	7,1	100,2
	5		8,5		2,0	1,3	11,8
	6		64,7	6,6	4,4	4,4	80,1
	7		75,1	1,2	189,7	3,3	269,3
	8	2,8	78,5	2,4	268,4	14,9	367,0
	9	9,0	92,1		103,4	28,1	232,6
	10	7,9	23,0		46,2	8,9	86,0
	11		47,8				47,8
Всего по березе		21,3	490,9	15,6	891,0	139,6	1558,4
Всего		48,3	2058,5	112,4	5363,3	1177,5	8760

Таблица 5

Лесоводственно-таксационная характеристика насаждений пробных площадей

№ пп	Участковое лесничество	Категория насаждения	Вид пожара	Квартал	Выдел	Площадь выдела	Состав	Тип леса	ТЛУ	Бонитет	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Полнота	Запас, $м^3$
к1	Куженерское	Вырубка 2011 г.	Низовой высок. интенсив.	153	14	6,3	10С	СКЛП	В2	1	65	23	24	0,5	140
к2	Куженерское	Вырубка 2011 г.	Низовой высок. интенсив.	153	14	6,3	10С	СКЛП	В2	1	65	23	24	0,5	140
к3	Куженерское	Вырубка 2011 г.	Низовой высок. интенсив.	153	15	6,9	7Б2Е1С	СРЗТ	С2	2	60	18	20	0,5	120
ук1а	Устье-Кундышское	Насаждение	Низовой сред. интенсив.	47	2	10,6	6С 4Б	СМБР	В2	1	65	22	22	0,8	280
ук1б	Устье-Кундышское	Насаждение	Низовой сред. интенсив.	47	2	10,6	6С 4Б	СМБР	В2	1	65	22	22	0,8	280
ук1в	Устье-Кундышское	Насаждение	Низовой сред. интенсив.	47	2	10,6	6С 4Б	СМБР	В2	1	65	22	22	0,8	280
ук2	Устье-Кундышское	Насаждение	Низовой сред. интенсив.	33	7	32,1	7С 3Б	СМЧЕР	В3	1	65	23	24	0,8	300
ук3	Устье-Кундышское	Насаждение	Низовой сред. интенсив.	48	1	7,6	7С 3Б	СДМ	А4	5	85	14	16	0,8	160
ук4	Устье-Кундышское	Насаждение	Низовой сред. интенсив.	34	20	1,9	8С 2Б	СОССФ	В5	5	50	8	14	0,7	60
ук5	Устье-Кундышское	Насаждение	Низовой сред. интенсив.	48	18	1,6	7С 2Б	СМБР	В2	1	70	22	24	0,7	270
ук6	Устье-Кундышское	Насаждение	Низовой сред. интенсив.	47	13	12,3	9С 1Б	СМБР	В2	1	70	23	24	0,7	280
ук7	Устье-Кундышское	Вырубка 2011 г.	Низовой сред. интенсив.	58	21	3,9	10С	СЗМ	А2	2	75	22	22	0,7	270

В оглавление

Таблица 6

Оценка естественного возобновления на пробных площадях после пожара 2010 г. (тыс.шт. на га)

№ пп	Категория участка	Тип леса	ТЛУ	Вид пожара	Средняя высота нагара по породам, м.		Количество естественного возобновления по породам тыс.шт./ га.					Состав возобновления	Встречаемость хвойных
					сосна	береза	сосна	береза семенного происхожд.	береза порослевого происхожд.	осина	ива		
к1	Вырубка 2011 г.	СКЛП	B_1-B_2	Низовой высок. интенсив	-	-	2	2,3	0	232,3	8	9,5Ос 0,3Ив 0,1С 0,1Б	0,36
к2	Вырубка 2011 г.	СКЛП	B_2	Низовой высок. интенсив	-	-	2,4	2,9	0,05	24,5	0,08	8,2Ос 1Б 0,8С +Ив	0,56
к3	Вырубка 2011 г.	БТРБ	B_4	Низовой высок. интенсив	-	-	0	41,3	0	55,2	22,3	4,6Ос 3,5Б 1,9Ив	0
ук1а	Насаждение	СМБР	B_2	Низовой сред. интенсив	1,5	1,3	13,7	1,3	0,3	49,1	0	7,6Ос 2,1С 0,2Б	0,88
ук1б	Насаждение	СМБР	B_2	Низовой сред. интенсив	1,5	1,3	35,4	430,8	0,2	87,3	0	7,8Б 1,6Ос 0,6С	1,0
ук1в	Насаждение	СМБР	B_2	Низовой сред. интенсив	1,5	1,3	8,1	2111,9	0,6	2068,8	0	5,0Б 4,9Ос 0,1С	1,0
ук2	Насаждение	СМЧЕР	B_3	Низовой сред. интенсив	3,4	1,7	21,4	12,7	0,6	0	0	6,2С 3,8Б	1,0
ук3	Насаждение	СДМ	A_4	Низовой сред. интенсив	3,8	4,2	21,8	210	0	19,3	0	8,4Б 0,9С 0,8Ос	1,0
ук4	Насаждение	СОССФ	B_5	Низовой сред. интенсив	1,2	0	14,8	41,8	0	1,5	0	7,2Б 2,5С 0,3Ос	1,0
ук5	Насаждение	СМБР	B_2	Низовой сред. интенсив	1,9	1,3	30,0	81,0	0	48,0	0	5,1Б 3,0Ос 1,9С	1,0
ук6	Насаждение	СМБР	B_2	Низовой сред. интенсив	3,9	0	16,5	0	0	37,3	0	6,9Ос 3,1С	1,0
ук7	Вырубка 2011 г.	СЗМ	A_2	Низовой сред. интенсив	-	-	0	0	0	16,3	0	10Ос	0

В оглавление

Изучение естественного возобновления проводилось на основе рекогносцировочного обследования товарных (со средним диаметром древостоя более 12 см) и нетоварных горельников (со средним диаметром древостоя менее 12 см) и их вырубок для определения мест закладки пробных площадей в Куженерском и Куярском лесничествах.

Было заложено 12 временных пробных площадей на территориях с различными ТЛУ и поврежденных различными видами пожаров. Большинство пробных площадей расположено в условиях субори (B_2-B_3).

Для каждой пробной площади была определена таксационная характеристика древостоя: средние диаметр и высота, допожарный тип леса, относительная полнота, класс возраста и бонитета. Для определения вида пожара отмечались, кроме того, высота нагара на стволах и степень прогорания лесной подстилки.

Пробные площади заложены в основном в товарных горельниках (8 шт.) и на их вырубках в зимний период 2010 − 2011 годов (4 шт.).

Лесоводственно-таксационная характеристика насаждений пробных площадей приведена в табл. 5.

Учет естественного возобновления проводился согласно методическим указаниям [1, 2].

Для учета древесных пород были использованы круговые площадки размером 4 $м^2$ (радиус 1,13 м) в количестве 25 шт. на пробную площадь. Расстояние между круговыми площадками определялось в зависимости от площади протяженности выдела. Центры площадок отмечены пронумерованными деревянными колышками, с помощью GPS-навигатора определено местоположение участков на местности. Внутри каждой круговой площадки дополнительно сфотографированы участки лесного покрова размером 1х1 м.

Естественное возобновление определяли по породам и происхождению.

На этих же пробных площадках описывали состояние подлесочных видов: видовой состав, количество, высоту и проективное покрытие.

Характеристика естественного возобновления на пробных площадях, представленная в табл. 6, позволяет судить о высокой естественной возобновительной способности леса.

В насаждениях в условиях субори не прослеживается четкая зависимость количества возобновления сосны от ТЛУ и вида пожара, что можно объяснить недостаточным количеством заложенных пробных площадей. В то же время количество возобновления лиственных пород возрастает с увеличением степени увлажнения.

На вырубках возобновление сосной отсутствует или наблюдается его небольшое количество (2,4 тыс. шт./га).

Как в насаждении, так и на вырубках имеется тенденция к смене пород.

В целом, исследование естественного возобновления горельников свидетельствует о необходимости более полного учета «силы природы» при лесовосстановлении.

Дальнейшие исследования позволят установить динамику лесовозобновления, что даст возможность разработать практические рекомендации по проведению необходимых лесохозяйственных мероприятий по лесовосстановлению горельников.

Необходимо дальнейшее наблюдение за динамикой возобновления на пробных площадях.

При разработке товарных горельников необходимо перед рубкой производить оценку возобновления и применять рациональные технологии рубок с сохранением подроста.

Библиографический список:

1. Методы научно-технического творчества в лесном хозяйстве : учеб. пособие / С. А. Денисов, К. К. Калинин, В. Е. Веров и др. − Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. − 122 с. : ил.
2. *Побединский, А.В.* Изучение лесовосстановительных процессов / А.В. Побединский. − М.: Наука, 1966. − 64 с.

УДК 630*181.22:385.1+631.432.1:436

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ, ПРОМЕРЗАНИЕ И ОТТАИВАНИЕ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПРИКАМЬЯ

А. А. Корепанов[1], А. Д. Корепанов[2]
[1] Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия
[2] Уральский государственный лесотехнический университет

TEMPERATURE CONDITION, FREEZING AND THAWING OF PEAT SOILS OF PRIKAMYE

A. A. Korepanov[1], A. D. Korepanov[2]
[1] Nizhniy Novgorod state agricultural academy
[2] Ural state forest engineering university

Благодаря высокой влажности торфяные почвы отличаются значительной теплоемкостью. Им менее свойственны температурные колебания по сравнению с минеральными и осушаемыми торфяными почвами. Осушение приводит к ухудшению температурного режима торфяных почв, и чем интенсивнее осушение, тем холоднее торфяные почвы [3, 10].

Важную роль в температурном режиме почв, почвообразовательном процессе, регулировании стока играет промерзание и оттаивание почв. Водопроницаемость промерзших почв падает, в результате увеличивается доля поверхностного стока [1]. В промерзших почвах увеличивается количество влаги вследствие ее перемещения из нижележащих слоев [8]. Промерзание улучшает водно-физические свойства почв [5], благоприятно воздействует на накопление и сохранение в почвах азота и других элементов питания [7]. В то же время происходит выжимание всходов и сеянцев древесных пород, обмерзание корней, их разрыв [4].

Большое значение при изучении промерзания почвы следует уделять ее влажности, а следовательно, глубине стояния уровня грунтовых вод (УГВ) [9]. Наблюдения ряда авторов [11, 12] позволяют судить о том, что независимо от мощности снега и холодных зим влагоемкие торфяные почвы промерзают неглубоко.

Нами проведены исследования по изучению температурного режима торфяных почв (табл. 1).

Таблица 1

Средневегетационный температурный режим торфяных почв, t °C

У осушителя от поверхности почвы, см				Между осушителями от поверхности почвы, см				Неосушенное болото от поверхности почвы, см			
поверхность	10	20	30	поверхность	10	20	30	поверхность	10	20	30
Верховое болото											
15,1	9,2	8,6	8,2	14,5	9,6	9,0	8,5	12,2	13,7	11,0	10,7
Переходное болото											
13,5	8,7	8,1	7,9	14,0	8,9	8,0	7,2	14,9	9,4	8,8	8,6
Низинное болото											
11,5	7,1	5,6	4,9	10,8	6,6	5,4	4,5	12,6	7,9	7,2	6,6

По данным табл. 1 можно сделать вывод о значительном различии температурного режима торфяных почв в зависимости от типа болотной залежи и интенсивности осушения (табл. 2). Прежде всего, подтверждается мнение об ухудшении температурного режима с увеличением интенсивности осушения. Меньшее прогревание осушаемых торфяных почв также следует связывать с интенсивным развитием древесного, кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов. Вероятно, данный фактор является ведущим в улучшении температурного режима по мере уменьшения трофности осушаемых торфяных почв. На более богатых низинных болотах сильнее развит древесно-кустарниковый ярус, что значительно снижает прямую солнечную радиацию. Кроме того, на температурный режим влияют водно-физические свойства торфяных почв верховых, переходных и низинных болот. Эти свойства обусловлены различием в ботаническом составе и степени разложения торфа [6].

Таблица 2

Средневегетационный УГВ, см

У осушителя	Между осушителями	Неосушенное болото
Верховое болото		
58	33	15
Переходное болото		
61	27	5
Низинное болото		
59	38	5

Изучение температурного режима осушаемых торфяных почв имеет важное значение для определения сроков достижения нормы осушения в начале вегетационного периода. Исходя из данных, полученных в ходе многолетнего наблюдения за температурным режимом торфяных почв, можно считать, что на осушаемых болотах почва прогревается до 5 – 6 °С, что, как считает ряд авторов [2, 10 и др.], служит началом роста корней древесных пород, на глубину 10, 20, 30 см в сроки, приведенные в табл. 3. Именно к указанному времени осушительные системы должны отвести грунтовые и паводковые воды из корнеобитаемого слоя почвы. В дальнейшем благодаря континентальности климата Прикамья понижение УГВ обеспечит норму осушения на весь вегетационный период.

Таблица 3

Календарные даты перехода температуры торфяных почв через 5 °С

Тип болота	У осушителя			Между осушителями			Неосушенное болото		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Южная подзона тайги									
Верховое	2.06	4.06	5.06	26.05	28.05	29.05	14.05	16.05	17.05
Переходное	9.06	12.06	14.06	2.06	5.06	7.06	24.05	30.05	4.06
Низинное	19.06	21.06	23.06	21.06	27.06	29.06	7.06	9.06	16.06
Зона хвойно-широколиственных лесов									
Верховое	3.05	5.05	10.05	3.05	5.05	7.05	27.04	29.04	30.04
Переходное	8.05	16.05	19.05	7.05	11.05	10.05	13.05	5.05	7.05
Низинное	21.05	24.05	26.05	20.05	22.05	24.05	8.05	10.05	17.05

Одновременно с изучением температурного режима почв исследовались промерзание и оттаивание торфяных почв верховых и низинных болот (табл. 4).

Торфяные почвы, несмотря на промерзание на незначительную глубину, оттаивают очень медленно. Этому способствуют высокие теплоизоляционные свойства сфагновых торфов, особенно очеса, а на низинном болоте также затенение древесно-кустарникового яруса. С

Таблица 4

Промерзание и оттаивание торфяных почв

Средние показатели	У канала		Между каналами		Неосушенное болото	
	кочка	понижение	кочка	понижение	кочка	понижение
Верховое болото						
Глубина промерзания, см	30		26		28	18
Дата максимального промерзания	31.03		31.03		18.03	23.03
Дата оттаивания	22.05		15.05		9.05	29.04
Низинное болото						
Глубина промерзания, см	44	28	32	22	33	20
Дата максимального промерзания	26.03	20.03	26.03	22.02	25.03	25.03
Дата оттаивания	29.05	27.05	28.05	24.05	29.05	16.05

увеличением трофности болота увеличивается глубина промерзания и продолжительность оттаивания. Более высокая интенсивность осушения приводит к более длительному оттаиванию почв, а глубина промерзания увеличивается. В процессе промерзания и оттаивания болот важную роль играют кочки и микропонижения. Кочки промерзают на большую глубину и оттаивают позднее, чем микропонижения.

Таким образом, исследования в Прикамье подтверждают общепризнанное мнение об отрицательном влиянии осушения на температурный режим торфяных почв. Однако следует отметить снижение амплитуды колебания температур на поверхности почвы наряду с понижением температуры в весенне-летний период вследствие облесения осушаемых болот. Температурный режим в условиях Прикамья не является лимитирующим фактором, так как древостои после осушения достигают высокой производительности [5]. Полученные в ходе многолетних наблюдений даты перехода температуры через 5 °С необходимо учитывать при разработке норм осушения.

Промерзание и оттаивание торфяных почв являются одним из факторов, определяющих температурный режим торфяных почв. Несмотря на незначительную глубину промерзания, торфяные почвы оттаивают очень медленно, особенно на осушаемых болотах, и чем выше интенсивность осушения, тем больше глубина промерзания и более смещен срок оттаивания. Отмечено влияние теплоизоляционных свойств сфагновых торфов и влияние древесно-кустарникового яруса. Также на глубину промерзания и сроки оттаивания влияет трофность болота: с увеличением трофности увеличивается глубина промерзания и продолжительность оттаивания. Кочки промерзают на большую глубину и оттаивают позднее, чем микропонижения, что особенно заметно после осушения. Особенности промерзания и оттаивания торфяных почв также следует учитывать при разработке норм осушения для региона.

Библиографический список

1. *Арефьева, З.Н.* Динамика аммиачного и нитратного азота в лесных почвах Зауралья при высоких и низких температурах / З.Н.Арефьева, Б.П.Колесников // Почвоведение. − 1964. − № 3. – С. 30-43.
2. *Веретенников, А.В.* Физиологические основы устойчивости древесных растений к временному избытку влаги в почве / А.В.Веретенников. – М.: Наука, 1968. – 215 с.
3. *Вомперский, С.Э.* Биологические основы эффективности лесоосушения / С.Э.Вомперский. – М.: Наука, 1968. – 312 с.
4. *Воронков, Н.А.* К вопросу о промерзании почв в лесах Подмосковья / Н.А.Воронков, С.А.Кожевникова // Лесоведение. − 1970. − № 1. – С. 82-87.
5. *Колосков, П.И.* Климатический фактор, сельскохозяйственное и агроклиматическое районирование / П.И.Колосков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 328 с.
6. *Корепанов, А.А.* Влияние осушения на экологию произрастания леса / А.А.Корепанов, Н.А.Дружинин. − Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1994. – 208 с.

7. *Кузнецова, А.В.* Влияние холода на содержание нитратного и аммиачного азота в черноземах Челябинской области / А.В.Кузнецова // Вестник сельскохозяйственной науки. − 1957. − № 6. – С. 26-34.
8. *Мазуров, Г.П.* Физико-механические свойства мерзлых грунтов / Г.П.Мазуров. – Л.: Стройиздат, 1975. – 216 с.
9. *Молчанов, А.А.* Промерзание и оттаивание почвы / А.А.Молчанов // Лесное хозяйство. − 1950. − № 1. – С. 27-31.
10. *Пьявченко, Н.И.* Некоторые итоги стационарного изучения взаимоотношения леса и болота в Западной Сибири / Н.И.Пьявченко // Взаимоотношение леса и болота. – М., 1967. − С. 7-42.
11. *Пятецкий, Г.Е.* Промерзание и оттаивание торфяной почвы верховых болот южной Карелии в связи с лесоосушением / Г.Е.Пятецкий // Труды Петрозаводской ЛОС / ЛенНИИЛХ. – Петрозаводск, 1973. – Вып. 2. – С. 90-105.
12. *Päivänen, S.* Sarkeleveyden ja naveroinnin vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen ja männyntaimiston kehitykseen lyhytkortisella nevalla / S. Päivänen // Silva fenn. − 1974. − Vol. 8, № 4. − P. 215-224.

УДК 630*228.7(470.40)

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СВЕЖЕЙ СУРАМЕНИ

Т. Ф. Мифтахов, Т. В. Нуреева
Марийский государственный технический университет

COMPARISON PARAMETERS OF CROPS OF SCOTS PINE NATURAL AND PLANTATION FORESTS IN THE SOILS OF THE C2 OF ECOLOGICAL ROW

T. F. Miftahov, N. V. Nureeva
Mari State Technical University

Научные исследования состояния и производительности искусственных насаждений проводились преимущественно на экспериментальных объектах с получением результатов, подтверждающих более интенсивный рост лесных культур по сравнению с естественными насаждениями. Между тем производственный опыт восстановления лесов лесокультурными методами в настоящее время требует обобщения и изучения его эффективности. На примере двух лесничеств − Арского Республики Татарстан и Учебно-опытного Республики Марий Эл − нами сделана попытка проанализировать состояние и лесоводственно-таксационные показатели насаждений сосны естественного и искусственного происхождения в сравнении в ТЛУ C_2, для чего были использованы материалы лесоустройства.

Оба лесничества находятся на территории лесокультурного района Волго-Камской возвышенности, выделенного А.И. Редько, А.С. Яковлевым [6].

Методика исследований предполагала определение оценочных показателей искусственных и естественных насаждений по материалам лесоустройства [4]. Лесные культуры существенно отличаются от процесса естественного возобновления и зависят как от биологических особенностей пород, условий среды, так и от хозяйственного воздействия – способа и метода создания культур, особенностей технологического процесса [2].

Древостои естественного происхождения считаются более устойчивыми, чем искусственного, так как в ходе роста и формирования насаждения они саморегуляцией поддерживают оптимальные показатели состава, полноты и густоты. Искусственные насаждения, по мнению Г.Ф. Морозова, также «должны обладать не меньшей устойчивостью, чем естественные, и не нуждаться в постоянной помощи лесоводов, производственные возможности которых не безграничны» [5]. Для объективной оценки продуктивности сосновых культур и условий

ведения хозяйства в них в ТЛУ $С_2$, была поставлена задача определить средние таксационные показатели, в том числе долю сосны (коэффициент состава), полноту, бонитет, средний запас на гектаре по возрастам. Цель данных исследований заключалась также в выявлении наиболее производительных насаждений сосны искусственного происхождения, которые возможно переориентировать на получение целевой древесной продукции, например, балансов или пиловочника, используя возможности ускоренного роста древостоя. Наиболее производительными являются свежие сурамени, которые требованиями ОСТ-56-90-86 «Культуры плантационные лесные и площади для их закладки. Оценка качества» признаны наиболее целесообразными для создания лесных плантаций.

Для последующего сравнения и анализа различных режимов выращивания сосны естественного и искусственного происхождения в двух лесничествах составлены сводные таблицы долевого участия главной породы, полноты и классов бонитета по возрастам. Достоверность и надежность таксационных данных подтверждает Ю.П. Демаков [3], но при условии, что выборка является достаточно представительной по объему (несколько сотен выделов). В Арском лесничестве общая площадь насаждений с участием сосны составляет 10692,1 га, общее количество выделов 3388; площадь лесных культур и естественных насаждений − соответственно 10212,5 и 479,6 га, количество участков − 3256 и 132. В Учебно-опытном лесхозе МарГТУ все насаждений искусственного и естественного происхождения с участием сосны занимают 998,6 га, количество участков 363. Естественные насаждения размещены на площади 728,7 га (количество участков 266), искусственные − 269,9 га (количество участков 97). Насаждения искусственного и естественного происхождения присутствуют во всех классах возраста. Имеющееся количество участков обеспечивает сравнительный анализ хода роста естественных древостоев и лесных культур в условиях свежей сурамени для Волго-Камского региона.

В результате анализа распределения площадей насаждений искусственного и естественного происхождения в исследуемых лесничествах по классам возраста можно констатировать, что в Арском лесничестве преобладают лесные культуры с участием сосны в возрасте 31-50 лет (49 %), основная доля естественных насаждений (более 75 %) относится к средневозрастным и приспевающим (рис. 1). В УОЛ МарГТУ большая часть лесных культур сосны находится в возрастном периоде 21-50 лет (примерно 81 %). Наблюдается снижение площади лесных культур сосны в возрасте от 20 лет и меньше.

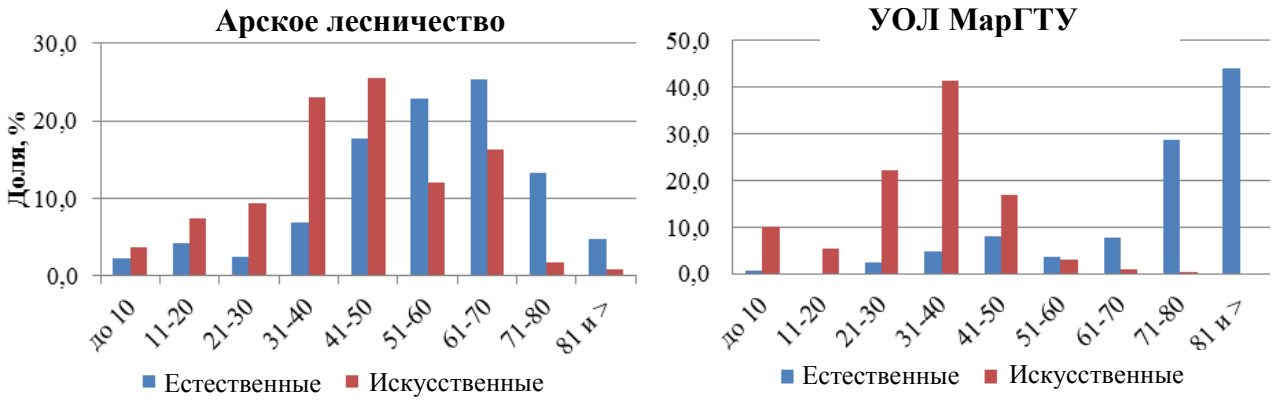


Рис. 1. Распределение площади насаждений с участием сосны естественного и искусственного происхождения исследуемых лесничеств по классам возраста

Анализ распределения древостоев с участием сосны по полнотам позволяет заметить, что в условиях свежей сурамени Арского лесничества преобладают насаждения сосны с полнотой 0,5-0,7 как естественного, так и искусственного происхождения − 77,4 и 64,5 % соответственно (рис. 2). В УОЛ МарГТУ преобладают древостои сосны естественного происхождения с полнотой 0,5-0,7 (их доля составляет 88,7 %), в то время как 71,5 % насаждений искусственного происхождения относятся преимущественно к высокополнотным (0,8-1,0), а 24,0 % имеют полноту 0,5-0,7.

С.В. Белов, сторонник оптимальной густоты и полноты древостоев, считает, что солнечную энергию на площадях, предназначенных для лесовыращивания, должны использовать древостои, а не травы [1]. По его мнению, наиболее вероятные оптимальные полноты сосняков после 70 лет I и II классов бонитета соответственно − 1,0-0,9 и 0,8-0,9. В интервале 25-50 лет, по данным С.В. Белова, в сосняках I-III классов бонитета при рубках ухода полнота может быть снижена до 0,65-0,7 без потерь для прироста.

Анализ материалов лесоустройства двух исследуемых лесничеств выявил, что значительные площади искусственных насаждений сосны имеют полноту 0,8 и выше, что, по нашему мнению, может быть связано с технологией создания культур (40-50 лет назад культуры создавались с высокой первоначальной густотой).

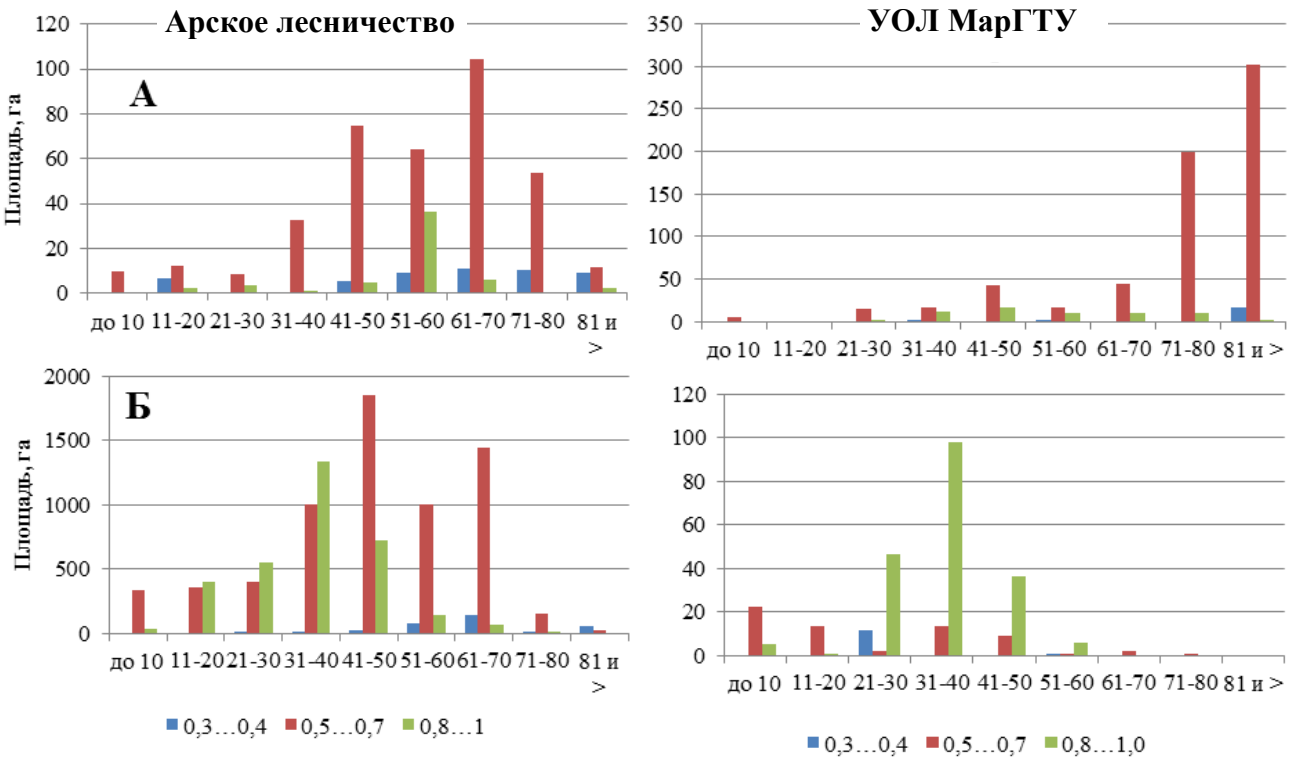


Рис. 2. Распределение насаждений естественного и искусственного происхождения по полнотам и классам возраста: А – естественные, Б – искусственные

Таким образом, до 50 лет в лесничествах полноту насаждений сосны поддерживают на оптимальном уровне, в более старшем возрасте из-за более низкой по сравнению с оптимальной (0,8-1,0) полноты может наблюдаться потеря производительности как в естественных, так и искусственных древостоях.

Искусственно созданные сосняки отличаются более высокой средней полнотой по сравнению с естественными, за исключением возрастного этапа 51-60 лет насаждений Арского лесничества, где средняя полнота естественных древостоев выше искусственных на 0,08 и составляет 0,71 (рис.3).

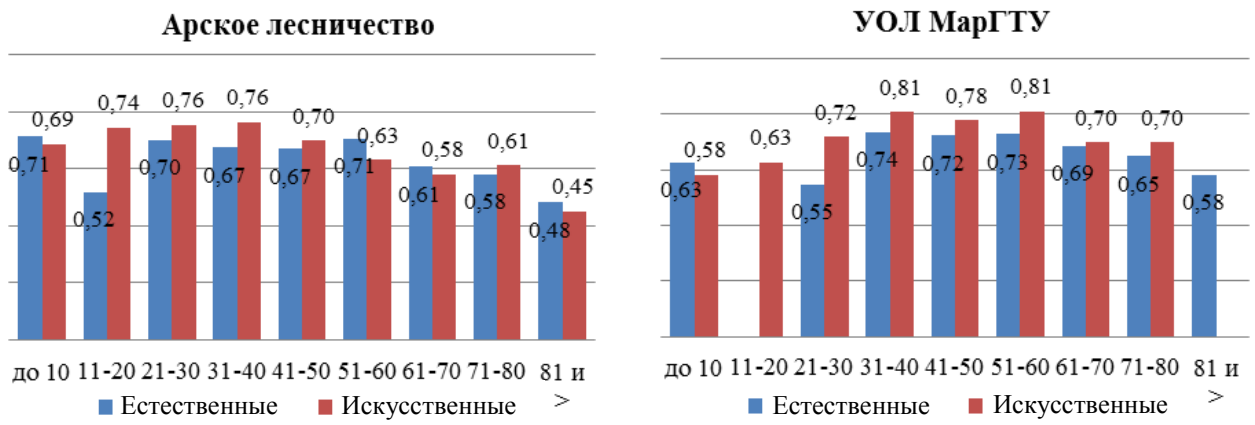


Рис. 3. Изменение средней полноты насаждений в зависимости от их происхождения по классам возраста в типе лесорастительных условий C_2

Распределив насаждения с участием сосны по происхождению, возрасту и долевому участию главной породы в составе древостоя в условиях свежей сурамени, отмечаем, что в естественных насаждениях участие сосны не превышает 10-30 % по запасу (рис 4).

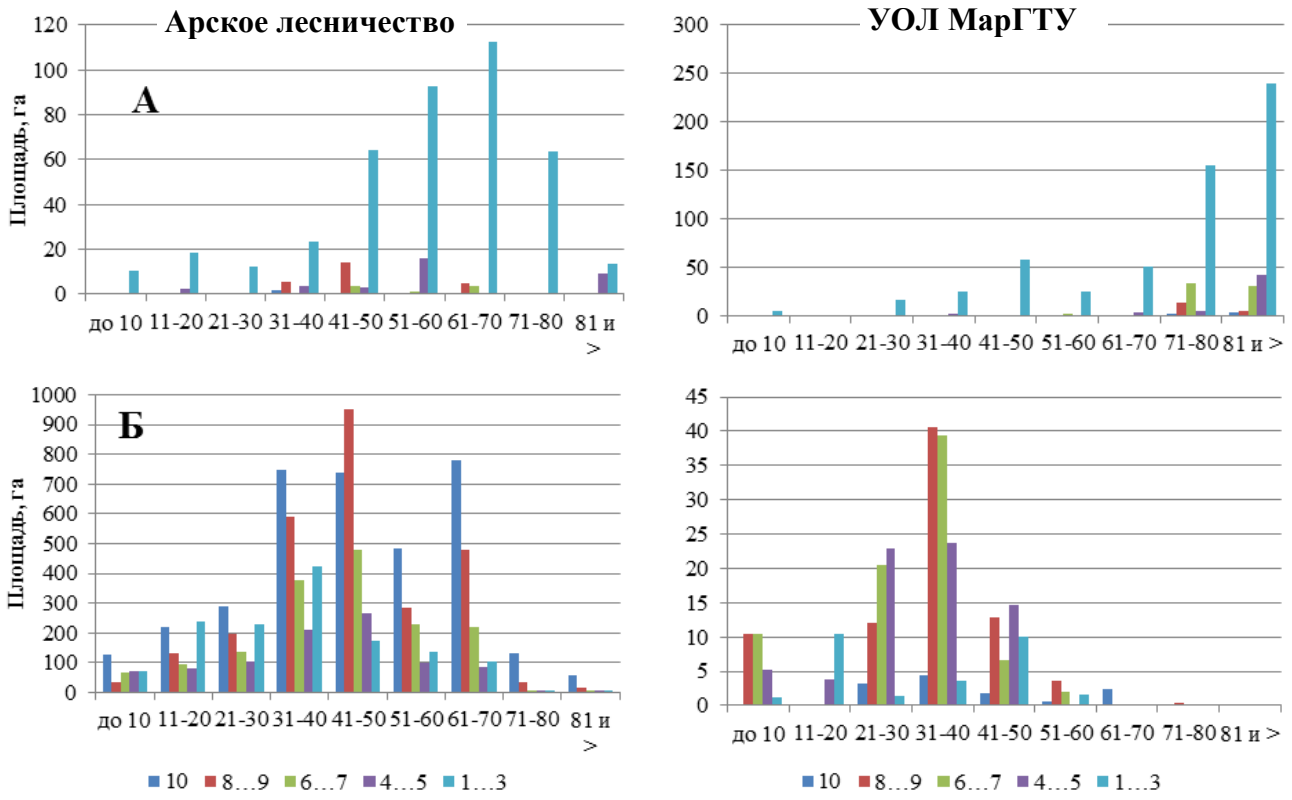


Рис. 4. Распределение насаждений естественного и искусственного происхождения по доле участия сосны и классам возраста: А – естественные, Б – искусственные

В типе лесорастительных условий «свежая сурамень» сосна образует такие коренные типы леса, как сосняки липовые, широкотравные, снытьевые и др. Данные условия принято считать коренными еловыми, и здесь сосна естественно образует насаждения с небольшой долей участия. Площадь древостоев естественного происхождения с участием сосны от 10 до 30 % в составе в Арском лесничестве составляет более 85 %, с участием 40-50 % − чуть более 7 %, а доля чистых древостоев с долей участия сосны 8-10 единиц составляет 8,5 %.

Насаждения искусственного происхождения отличаются большим разнообразием по составу. Из всех произрастающих в лесном фонде искусственных насаждений сосны Арского

лесничества треть представлена чистыми сосняками, четвертая часть имеет в составе 80-90 % сосны. Всего на 16 % площади доля сосны в насаждениях искусственного происхождения составляет от 6 до 7 единиц в составе, на 9 % площади произрастают культуры с участием сосны 4-5 единиц, культуры с долей участия 1-3 единицы представлены на 13 % площади. Чистые насаждения сосны с долей участия 8-10 единиц преобладают во всех классах возраста. Также можно отметить, что культуры, созданные более 80 лет назад, представлены чистыми по составу древостоями.

В УОЛ доля чистых культур сосны в условиях свежей сурамени не превышает 5 %. Культуры, в составе которых 80-90 и 60-70 % сосны, занимают по 29 %, четверть площади всех культур сосны представлена насаждениями с участием 4-5 единиц сосны, доля насаждений с участием сосны от 10 до 30 % составляет всего 10 %.

На состав культур в условиях C_2 существенное влияние оказывает хозяйственная деятельность. Данные условия благоприятны для произрастания большинства хвойных и лиственных пород, конкуренция между ними чаще всего оказывается в пользу быстрорастущих лиственных пород, и без своевременно проводимых лесоводственных мероприятий хвойные насаждения сформировать сложно.

Анализируя динамику среднего коэффициента состава по возрастам, можно отметить своевременное проведение уходов за насаждениями сосны искусственного происхождения с целью формирования состава (рис. 5). В Арском лесничестве долю участия сосны в лесных культурах до 40 лет поддерживают близкой к 7 единицам, далее к 70 годам участие сосны доходит до 80 %, в возрасте спелости более 81 года коэффициент состава близок к 10. Изменение среднего коэффициента состава в естественных древостоях колеблется от 1,0 до 3,3 единицы сосны.

В Учебно-опытном лесхозе средняя доля участия сосны в лесных культурах варьирует от 5,5 единиц в 41-50 лет и до 10,0 в 61-70 лет. Здесь нет такого четкого увеличения доли участия сосны как в Арском лесничестве, но в целом к возрасту спелости можно заметить повышение линии тренда. Варьирование доли участия сосны в естественных древостоях аналогично насаждениям Арского лесничества. Коэффициент состава, приходящийся на сосну, изменяется от 1,0 до 3,0 единиц.

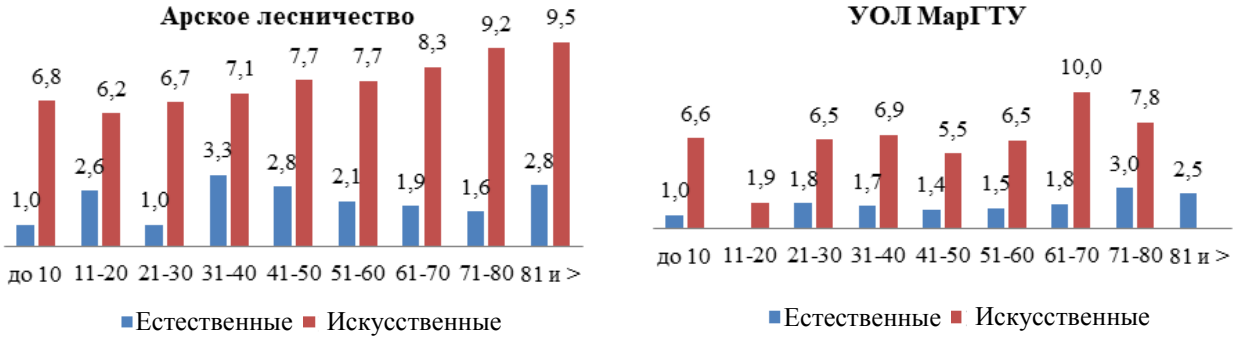


Рис. 5. Изменение среднего коэффициента состава насаждений сосны искусственного и естественного происхождения в Арском лесничестве и УОЛ МарГТУ

Для изучения и выявления закономерностей аналогичный анализ был проведен по классам бонитета. В древостоях естественного происхождения исследуемых лесничеств преобладают насаждения I класса бонитета: в Арском лесничестве их площадь составляет 94 %, в Учебно-опытном лесхозе – 61 %, остальные площади естественных сосняков представлены II классом бонитета. Культуры сосны, отличающиеся доминированием сосны в составе, в

условиях свежих сурамеей характеризуются высокой производительностью и относятся к Ia (67 %) и I (33 %) классам бонитета в Арском лесничестве, к Ia (62 %), I (27 %) и II (10 %) классам в УОЛ МарГТУ. Преобладание высокопродуктивных насаждений говорит о целесообразности выращивания сосны в данных условиях для получения целевой продукции. В культурах сосны исследуемых лесничеств насаждения Ia класса бонитета присутствуют во всех классах возраста, но преобладают в средневозрастных и приспевающих насаждениях, которые в свое время создавались с высокой первоначальной густотой. Аналогичная картина наблюдается в культурах сосны УОЛ, но в молодняках преобладают древостои II класса бонитета.

При анализе ведения хозяйства и оценке состояния и производительности насаждений сосны важную роль играет средний запас на 1 га. Графическое отображение изменения с возрастом среднего запаса насаждений с участием сосны для лесных культур и древостоев естественного происхождения позволило выявить следующие тенденции (рис. 6).

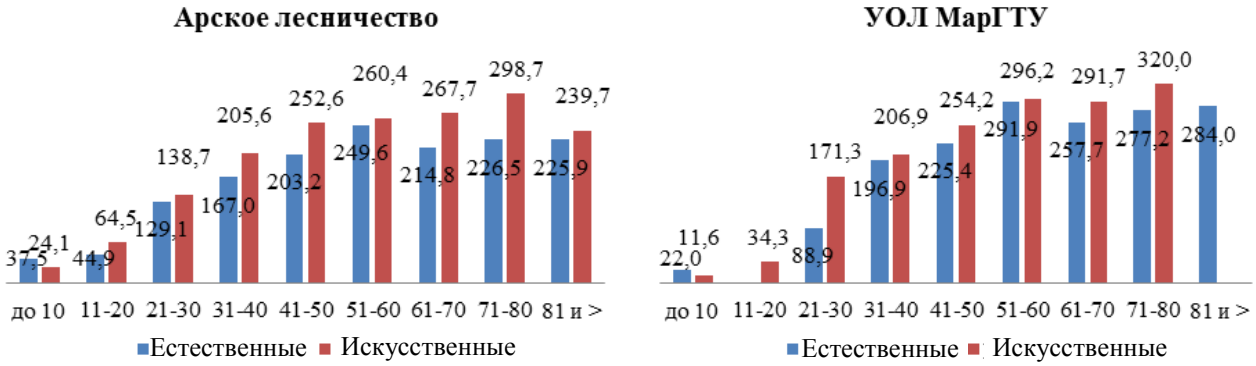


Рис. 6. Изменение среднего запаса лесных культур и древостоев естественного происхождения в исследуемых лесничествах

Средний запас древостоев сосны искусственного происхождения превышает естественные во всех классах возраста исследуемых лесничеств (рис. 6), кроме насаждений до 10 лет. Здесь древостои естественного происхождения превосходят по среднему запасу на 1 га искусственные, но породный состав этих насаждений 1С9Лист (береза, осина, клен, липа и др.), т.е. доминируют лиственные породы. В этом возрасте естественные древостои отличаются большей густотой (до 10-15 тыс. шт./га и более) и тем самым большим запасом на 1 га. Напротив, лесные культуры создаются первоначальной густотой 4,0-6,0 тыс. шт./га и их состояние отслеживается до перевода в покрытые лесом земли.

Таким образом, анализ состояния искусственных и естественных насаждений с участием сосны показал, что в целом условия свежей сурамени благоприятны для выращивания культур сосны, что подтверждается высоким классом бонитета произрастающих насаждений. Анализ материалов лесоустройства позволил сделать следующие выводы.

Насаждения естественного и искусственного происхождения имеют существенные различия по полноте, составу и производительности, что дает основание утверждать о целесообразности выделения искусственных насаждений отдельной строкой при учете лесного фонда и планирования мероприятий в зависимости от происхождения насаждений.

В условиях свежей сурамени искусственно созданные насаждения сосны обыкновенной отличаются более высокой полнотой, доминированием сосны в составе и имеют более высокую продуктивность, запас лесных культур сосны уже в 70 лет превышает 300 м^3/га.

В лесных культурах сосны исследуемого региона ведется интенсивное хозяйство, на что указывает преобладание доли участия сосны в насаждениях искусственного происхождения.

Состав, полнота и класс бонитета искусственно созданных насаждений сосны обыкновенной соответствуют требованиям, предъявляемым плантационным культурам, что позволяет рекомендовать целевое выращивание сосны в условиях свежих сурамений, а также перевод произрастающих в лесном фонде эксплуатационных насаждений в фонд плантаций. Последнее мероприятие может стать базой для ускоренного получения целевой древесины в значительно короткий период времени.

Опираясь на опыт ведения хозяйства в лесных культурах сосны в регионе, можно утверждать, что в данных условиях возможно ведение доходного плантационного хозяйства, ориентированного на получение определенного вида лесной продукции.

Библиографический список

1. *Белов, С.В.* Лесоводство: учебное пособие для вузов / С.В. Белов. − М.: Лесн. пром-сть, 1983. − 352 с.
2. *Воробьев, Д.В.* Лесотипологические основы лесокультурного дела: учебное пособие. Ч. I / Д.В. Воробьев, Б.Ф. Остапенко. – Харьков: РИО ХСХИ, 1979. − С. 5-6.
3. *Демаков, Ю.П.* Математические модели хода роста культур сосны для различных типов леса Марийского Заволжья / Ю.П. Демаков, И.А. Козлова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2007. − № 6. – С. 83-91.
4. *Романов, Е.М.* Методика определения оценочных показателей искусственных насаждений при устойчивом управлении воспроизводством леса / Е. М. Романов, Н. В. Еремин, Т. В. Нуреева. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – 40 с.
5. *Морозов, Г.Ф.* О лесоводственных устоях / Г.Ф.Морозов. − М.: Гослесбумиздат, 1962. − 28 с.
6. *Редько, Г.И.* Лесокультурное районирование Среднего Поволжья / Г. И. Редько, А. С. Яковлев // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: межвуз. сб. науч. тр. − Л.: ЛТА, 1988. − С. 99-106.

УДК 572.08

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ТЕЛА МЕТОДОМ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ

Е. Е. Большакова, Л. Б. Киселева
Марийский государственный технический университет

STUDY OF THE BODY BY BIOIMPEDANCE.

E. E. Bolshakova, L. B. Kiseleva
Mari State Technical University

Изучение состава тела человека в последние годы приобретает все большую популярность. Актуальность этой темы объясняется наличием множества теоретических и прикладных проблем. К таким проблемам в первую очередь относятся вопросы оценки физического развития человека, адаптации к факторам среды обитания, а также к условиям профессиональной и спортивной деятельности.

Не менее актуальную значимость имеет данная проблема в клинической медицине. Наиболее массовое применение методов оценки состава тела в этой области связано с диагностикой и оценкой эффективности лечения ожирения и остеопороза [Мартиросов и др., 2006].

В течение последних 25 лет в области изучения состава тела человека использовалось множество различных методов исследования: от классических методов антропометрии и гидростатического взвешивания до разработки и широкого внедрения новых методов с использованием информационных технологий. Одним из современных методов является метод многочастотного биоимпедансного анализа.

Биоимпедансный анализ — это контактный метод измерения электрической проводимости биологических тканей, дающий возможность оценки широкого спектра морфологических и физиологических параметров организма. В биоимпедансном анализе измеряются активное и реактивное сопротивления тела человека или его сегментов на различных частотах. На их основе рассчитываются характеристики состава тела, такие как жировая, тощая, клеточная и скелетно-мышечная масса, объем и распределение воды в организме. Внедрение новых технологий и методов исследования позволяет повысить надёжность и оперативность оценки показателей состава тела человека. Более того, современные подходы дают возможность изучения состава тела на всех уровнях организации биологической системы: элементном, молекулярном, клеточном, органо-тканевом, а также на уровне целостного организма [Николаев, 2004].

Процедура анализа является безопасной и безболезненной, что позволяет проводить мониторинг состава тела. Это, в свою очередь, очень важно при необходимости прослеживания реакции организма на проведение тех или иных мероприятий оздоровительной направленности.

Целью данной работы является исследование динамики показателей состава тела студенток по данным биоимпедансного анализа, а также изучение зависимости физической работоспособности от некоторых показателей состава тела.

В оглавление

Материалы и методы

Изучались динамика показателей состава тела студенток, а также зависимость физической работоспособности от некоторых показателей состава тела.

В исследовании принимали участие 37 девушек. Они были разделены в зависимости от значения фазового угла на две группы. В первую группу вошли студентки с высоким рейтингом, во вторую − студентки с более низким рейтингом показателя.

Исследование состава тела участвующих в эксперименте девушек проводили в два этапа: I этап – сентябрь, начало первого года обучения; II этап – май, конец первого года обучения.

В ходе эксперимента у студенток измерялись:

1) биоэлектрические показатели: фазовый угол, активное и реактивное сопротивление;
2) морфометрические показатели: рост, вес, окружность талии и бедер соотношение талии и бедер, индекс массы тела;
3) показатели состава тела: жировая масса, тощая масса, скелетно-мышечная масса, общая жидкость;
4) некоторые показатели обмена веществ: основной и удельный обмен;
5) показатели АКМ: активная клеточная масса, доля активной клеточной массы;
6) показатели уровня физической работоспособности: бег 100 и 2000 метров, 30-минутный бег, приседание, сгибание тела в положении лежа, прыжок с места в длину, гибкость, кистевая динамометрия;
7) показатели реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку: систолическое давление, диастолическое давление, частота сердечных сокращений;
8) жизненная емкость легких.

Процедуру обследования начинали с антропометрических измерений. Определяли длину, массу тела, обхваты талии и бедер. Затем в компьютерной программе заводили учетную запись (регистрация) испытуемого с указанием фамилии, имени, отчества, пола, даты рождения и длины тела. В карточку текущего обследования вносили сведения о массе тела и обхватах талии и бедер.

Испытуемый располагался на спине на кушетке правой стороной тела к биоимпедансному анализатору. Правую руку освобождали от металлических предметов (часов, браслетов и т.п.), металлические предметы на шее пациента сдвигали к подбородку.

Одноразовые биоадгезивные электроды с контактной площадкой 22×24 мм устанавливали на руке: середину первого электрода крепили над сочленением костей предплечья и кисти, а другой электрод располагали на 3-4 см дистальнее. На ноге один электрод серединой устанавливали над сочленением костей голени и стопы, другой − дистальнее на 3-5 см.

Зажимы электродного кабеля крепятся к свободным от проводящего геля концам электродов, красные – к дистальным, черные – к проксимальным электродам. Дистальные электроды служат для подключения к испытуемому цепи пропускания зондирующего тока, проксимальные – для подключения измерительной цепи анализатора.

Измерение выполняли в течение 20-40 секунд и считали завершенным, если в последние 4-5 секунд значения величин активного и реактивного сопротивлений менялись не более чем на 2 единицы последней значащей цифры. Если это условие не выполнялось, то проверяли крепление электродов на коже испытуемого или предупреждали его о необходимости сохранения неподвижного положения во время измерительной процедуры.

По результатам измерения автоматически формируется протокол обследования , который отображается на экране монитора и выводится на печать. В протоколе отражены исходные

данные, вводимые в программу (пол, возраст, рост, вес, окружности талии и бедер), результаты измерения импеданса (активное и реактивное сопротивление, фазовый угол), рассчитанные значения индекса массы тела и отношения окружностей талии и бедер, результаты расчета параметров состава тела (жировая и тощая масса, активная клеточная масса, масса скелетной мускулатуры). Рассчитанные величины отображаются на горизонтальных шкалах, на которых показаны диапазоны нормы и выхода за пределы нормы вниз и вверх.

Длину тела измеряли при помощи ростомера. Измерение проводили в положении стоя. Обследуемый снимает обувь и встаёт спиной к ростомеру, прижимая пятки, ягодицы, межлопаточную область и затылок к его стойке. При этом голова испытуемого так расположена в сагиттальной плоскости, чтобы линия, проведённая через угол глаза и козелок ушной раковины, была горизонтальной. Измерение длины тела производится с точностью до 0,5 см [Алимов, 1955].

Массу тела определяли с помощью автоматических весов [Алимов, 1955] .

Измерение окружностей производили при помощи измерительной ленты [Карандашенко, 1985]. Окружность талии измеряли в самом узком месте в области поясницы. Окружность бедер измеряется следующим образом: лента накладывается на бедра, под ягодичными складками. Положение испытуемого − ноги вместе.

АД и ЧСС определяли при помощи автоматического тонометра OMRON MX2 Basic. Манжетку тонометра накладывали на обнаженное плечо испытуемого (на два-три см. выше локтя) – на одном уровне с сердцем. Дисплей прибора отображает значения артериального давления (АДс и АДд) и частоту пульса.

Жизненную емкость легких измеряли с помощью механического водного спирометра. Перед измерением спирометр наполнили водой до указанного уровня. Мундштук спирометра протерли ватой, смоченной спиртом. Протирание спиртом осуществляли после обследования каждого последующего испытуемого. Установили исходное положение шкалы спирометра, для чего повернули измерительную шкалу, и нулевое деление шкалы совместили со стрелкой.

Жизненную емкость легких определяли следующим образом: испытуемый делал 2-3 глубоких вдоха и выдоха; затем максимально глубоко вдыхал и делал максимально возможный глубокий выдох в спирометр. Определение проводили 3 раза. Вычисляли среднее показание, которое записывали в результат [Дембо, 1979].

Полученный фактический материал был обработан статистически. Экспериментальные данные, полученные в результате проведенных исследований, обрабатывались с помощью программы «Statistica 5.11».

Результаты

В результате проведенного биоимпедансного анализа согласно классификации по проценту жировой массы выделено 5 групп: истощение, фитнес-стандарт, норма, избыточный вес, ожирение.

В процентном соотношении показатели студенток распределились следующим образом:

Осень 2010	Весна 2011
Истощение – 2,7 %	Истощение – 3,7 %
Фитнес-стандарт – 13,5 %	Фитнес-стандарт – 11,1 %
Норма – 43,3 %	Норма – 33,3 %
Избыточный вес – 37,8 %	Избыточный вес – 40,7 %
Ожирение – 2,7 %	Ожирение – 11,1 %

К концу учебного года общее число студентов в группах «фитнес-стандарт» и «норма» снизилось на 12 % и соответственно увеличилось общее число девушек в группах «избыточный вес» и «ожирение».

У студенток в процессе учебно-тренировочных занятий не произошло ожидаемого статистически значимого изменения таких показателей состава тела, как фазовый угол, АКМ, доля АКМ. Это может быть объяснено тем, что учебно-тренировочные занятия 2 раза в неделю, согласно учебной программе дисциплины «Физическая культура», не дают тренировочного эффекта. Иногда это связано и с плохой посещаемостью занятий по физической культуре.

Выявлены более высокие показатели при 30-минутном беге, беге на 2000 м, приседаниях на левой и правой ноге, подъеме туловища из положения лежа, кистевой динамометрии в случае более высоких значений фазового угла.

Выводы

1. У студенток величины биоэлектрических показателей (фазовый угол, активное и реактивное сопротивление) в течение учебного года находятся на одном уровне.
2. Биоимпедансный анализ показал наличие среди студенток 5 групп по проценту жировой массы: истощение, фитнес-стандарт, норма, избыточный вес и ожирение. К концу учебного года общее число студентов в группах «фитнес-стандарт» и «норма» снизилось на 12 % и соответственно увеличилось общее число девушек в группах «избыточный вес» и «ожирение».
3. Исходный уровень физической работоспособности студенток, определяемый с помощью специальных оценочных тестов, соответствует возрастной физиологической норме.
4. В процессе учебно-тренировочных занятий выявлена нормальная физиологическая реакция со стороны сердечно-сосудистой системы, что свидетельствует об адекватности предлагаемой физической нагрузки.
5. Выявлены более высокие показатели при 30-минутном беге, беге на 2000 м, приседаниях на левой и правой ноге, подъеме туловища из положения лежа, кистевой динамометрии в случае более высоких значений фазового угла.

Библиографический список

1. *Алимов, А.З.* Техника и методика антропометрических измерений / А.З. Алимов. − М.: Медгиз, 1955. − 84 с.
2. *Дембо, А.Г.* Легочные объемы / А.Г. Дембо // Физиология дыхания. − Л., 1979. – С. 87.
3. *Кардашенко, В.Н.* Физическое развитие / В.Н. Кардашенко // Большая медицинская энциклопедия / гл. ред. Б.В. Петровский. − 3-е изд. − М., 1985. − Т. 26. – С. 316 -317.
4. *Мартиросов, Э.Г.* Технологии и методы определения состава тела человека / Э.Г. Мартиросов, Д.В. Николаев, С.Г. Руднев. − М.: Наука, 2006. − 256с.
5. *Николаев, Д.В.* Методические вопросы биоимпедансного анализа состава тела и баланса водных секторов/ Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, В.Б. Носков // Труды шестой научно-практической конференции «Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы», Москва, 24 марта 2004 г. − М., 2004. − С.105-114.

УДК 575.1.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РОДА PHLOX PANICULATA

М. С. Воробьева
Марийский государственный технический университет

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGY OF MICROCLONAL BREEDING OF PHLOX PANICULATA

M. S. Vorobyeva
Mari State Technical University

Флоксы – многолетние травянистые растения, широко применяемые в цветоводстве. Флокс метельчатый – малотребовательное растение. Оно обладает высокой морозостойкостью, а также ярким цветением и своеобразным ароматом.

Традиционно принято считать, что флоксы − типичные, хотя и очень яркие представители коттеджного сада, деревенского палисадника. Флоксы в основном используют в группах, массивах, рабатках, миксбордерах. Но их можно также применять и в цветниках пейзажного стиля, в имитациях цветущего луга, романтических композициях, в теневых садах, при оформлении опушек, в альпинариях, у водоёмов, в солитерных посадках и даже в авангардных цветниках

Цель исследования − оптимизация технологии микроклонального размножения рода Phlox Paniculata в культуре ткани in vitro.

Традиционно флоксы размножают черенками, корневыми отпрысками, семенами, а также делением кустов весной и осенью. При вегетативном размножении флоксов в растениях накапливается инфекция. Наибольшую опасность представляют нематоды, грибы, бактерии, вирусы и вироиды, с которыми трудно бороться обычными методами защиты растений. В связи с этим наилучшим способом для получения свободного от внутренней инфекции материала и его быстрого размножения с последующим укоренением является технология клонального микроразмножения

Для введения в культуру *in vitro* флокса метельчатого в качестве первичных эксплантов использовали апикальные и пазушные почки, из которых выделяли меристемы, представляющие собой конус активно делящихся клеток высотой 0,1 мм и шириной 0,25 мм.

Для стерилизации эксплантов флокса применяли ступенчатую стерилизацию, предусматривающую обработку несколькими стерилизующими агентами. Наилучший результат получен при стерилизации первичных эксплантов флокса метельчатого 10 % раствором гипохлорита натрия (Белизна), n = 30 с экспозицией 20 минут.

Примерно через 2 недели после помещения почек и меристем на питательную среду МС, содержащую 1,0 мг/л БАП и 0,5 мг/л а-НУК, основания развертывающихся листьев начинали увеличиваться в объеме. Через 2-3 недели экспланты превращались в конгломерат множества разновозрастных и разновеликих почек с развернутыми листьями. Они легко отделялись одна от другой, и каждая, будучи пересажена на свежую питательную среду, продолжала формировать новые пазушные почки, тем самым увеличивая число точек роста.

Сочетание концентраций фитогормонов 2мг/л BAP и 0,5мг/л NAA оказало наилучшее влияние на процессы морфогенеза в культуре ткани Phlox Paniculata.

При адаптации растений, полученных *in vitro,* в обычных условиях среды используются субстраты, свободные от фитопатогенной микрофлоры. Для обработки субстратов используют химические препараты, тепловое воздействие и различные живые организмы.

Выводы

Оптимизация технологии микроклонального размножения рода phlox paniculata заключается в следующем:

1) в качестве первичных эксплантов использовать апикальные и пазушные почки, из которых выделить меристемы;

2) для стерилизации применять 10 % раствор гипохлорита натрия (Белизна), n = 30 с экспозицией 20 минут;

3) использовать питательную среду МС в сочетании с фитогормонами в концентрации 2мг/л BAP и 0,5мг/л NAA;

4) адаптацию растений проводить, используя субстраты, свободные от фитопатогенной микрофлоры.

Библиографический список

1. *Першина, Л.А.* Методы культивирования in vitro в биотехнологии растений / Л.А. Першина. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2000. – 68 с.

2. *Катаева, Н.В.* Клональное микроразмножение растений / Н.В. Катаева, Р.Г. Бутенко. − М.: Наука, 1983. − С. 94-97.

3. *Бутенко, Р.Г.* Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе: учеб. пособие / Р.Г. Бутенко. − М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. – С. 160.

УДК 502.175

БИОТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

М. А. Курочкина
Марийский государственный технический университет

BIOTECHNOLOGY IN THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY

M. A. Kurochkina
Mari State Technical University

Развитие рекреационной сферы деятельности, формирующиеся проблемы рационального использования и сохранности природных объектов определяют актуальность комплексного исследования мест отдыха рассматриваемой территории. Туризм на современном этапе развития общества является одним из инструментов оживления экономики и стимулирует развитие таких сфер экономической деятельности, как услуги коллективных средств размещения, транспорт, торговля, производство сувенирной продукции, связь, общественное питание, сельское хозяйство, строительство. Туризм выступает катализатором развития социально-экономического развития регионов и отдельных территорий. В Республике Марий Эл туризм признан одним из приоритетных направлений социально-экономического развития на перспективный период.

В силу особенностей географического положения и развития в РМЭ имеются неплохие предпосылки для развития этнографического, культурно-исторического, сельского и экологического туризма.

Цель проекта – способствовать развитию экологического туризма в республике с наиболее полным использованием его преимуществ и минимизацией негативных последствий.

В настоящее время развитие экологического туризма в нашей стране находится на начальном этапе. Однако сам факт появления этого феномена можно считать одним из главных мероприятий при решении многих природоохранных проблем современности.

В связи с ухудшением состояния окружающей среды во всех сферах мирового хозяйства идет поиск альтернативных направлений использования природных ресурсов. Главная их

отличительная черта – снижение ущерба природной среде в соответствии с концепцией устойчивого развития. Именно негативное воздействие туризма на природу и его социальные недостатки представляют собой одну из главных причин формирования особого направления – экологического туризма (экотуризма).

Возрастающая популярность экологического туризма в мире позволяет надеяться на возможности использования экологического потенциала территории для привлечения экологически ориентированных туристов, в том числе и из-за рубежа. Но экологическая ориентация требует гораздо более жесткого контроля экологического состояния мест отдыха и регулирования потока туристов в соответствии с зонированием территории. Пока же фирмы, занимающихся организацией отдыха, даже те, что рекламируют свои «экологические» туры, на самом деле об экологических требованиях имеют смутное представление.

Задачи проекта следующие**:**

1) выделение территорий, наиболее благоприятных для развития экологического туризма, на основе оценки имеющихся природных условий, достопримечательностей, а также величины и характера современной рекреационной нагрузки;

2) выявление существующих экономических, социальных, экологических и административных ограничений на использование данных территорий в области экологического туризма;

3) обоснование зонирования территории по возможностям её использования для развития отдыха и экологического туризма с учетом ресурсов и ограничений;

4) выработка рекомендаций, рациональных приемов и направлений использования предлагаемых маршрутов;

5) создание базы данных о состоянии объектов экологического туризма для контроля реализации рекомендаций и принятия необходимых корректировок в связи с изменением ситуации;

6) разработка методики оценки экологического состояния природных объектов с использованием системы биоиндикаторов.

Наиболее привлекательными объектами нашей республики являются леса и озера.

Территория Республики Марий Эл густо покрыта лесами. Общая площадь лесов в республике составляет 1 415,5 тыс. гектаров.

Более 600 озер общей площадью 2 752 га являются гордостью края. Поэтому предполагается создание экологических маршрутов с включением наиболее привлекательных водоемов.

Именно для водоемов предполагается разработать методику оценки экологического состояния на основе реакций живых организмов, используя методы биоиндикации и биотестирования, т.е. биотехнологические методы оценки качества окружающей среды.

Оценка качества воды водоемов и водотоков может быть проведена с использованием физико-химических и биологических методов. С помощью биологических методов дается оценка состояния водной экосистемы по растительному и животному населению водоема. Присутствие индикаторных видов растений или животных позволяет более глубоко судить о качестве воды в водоеме.

Все водоемы можно условно разделить на три группы:

- чистые, заселенные личинками веснянок, поденок, вислокрылок и ручейников, которые не выносят загрязнения и быстро исчезают из водоема, как только в него попадают сточные воды (в первую очередь − веснянки);

- умеренно загрязненные. Эти водоемы заселяют водные ослики, бокоплавы, двустворчатые моллюски, личинки стрекоз, пиявки;

- чрезмерно загрязненные. В них обитают малощетинковые кольчецы (трубочники), личинки комара-дергуна (мотыль), ильной мухи (крыска).

Биотестирование используют для оценки уровня загрязненности воды токсичными веществами, комплексного анализа воды. Главная задача, которую решает биотестирование, заключается в получении быстрого и гарантированного ответа на вопрос, является ли среда токсичной в условиях так называемого «суммарного эффекта» всех загрязняющих веществ.

В результате осуществления проекта ожидаются:

экономические эффекты:

- оптимизация природопользования за счет преимущественного развития туризма в тех районах, где он может дать большую отдачу, чем другие отрасли;
- частичная реализация информационного продукта на платной основе;

социальные эффекты:

- создание временных рабочих мест по мере развития туризма как результата его реализации;
- развитие системы образования. К участию в проекте будут привлекаться студенты в ходе производственных практик;
- работа с детьми, подростками и молодежью. Отдельные задания будут выполняться участниками детских туристских кружков. Будет проводиться профориентационная работа со школьниками в местах проведения исследований;

экологические эффекты:

- оценка экологического состояния предполагаемых мест туризма, представление информации органам экологического контроля о состоянии природной среды республики;
- контроль экологической ситуации в местах отдыха с использованием разработанных нормативов предельно-допустимых изменений.

УДК 579.64

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ НЕКОТОРЫХ ЗЛАКОВЫХ РАСТЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ РОСТА И РАЗВИТИЯ

С. Н. Масленникова
Марийский государственный технический университет

POPULATION DYNAMICS OF PHYSIOLOGICAL GROUPS OF MICROORGANISMS OF SOME CEREAL PLANTS IN A PROCESS OF GROWTH AND DEVELOPMENT

S. N. Maslennikova
Mari State Technical University

В процессе своей жизнедеятельности растения входят в сложные взаимоотношения с микроорганизмами, населяющими почву (Возняковская Ю.М., 1969; Добровольская Т.Г., 2002; Белимов А.А., 2008 и др.). Обитая в среде, населенной огромным количеством разнообразных микроорганизмов, растение вступает с ними в тесные связи и вне этих связей не существует. Вокруг корня формируется так называемая ризосфера – окружающее корень про-

странство почвы, представляющее собой область интенсивной микробной активности, управляемой корневыми экссудатами.

Несмотря на неоспоримую важность изучения природных субстратных микробных сообществ, наше понимание их организации и функционирования остаётся всё еще чрезвычайно недостаточным (Copley J., 2000; Buckley D.H., Schmidt T.M., 2003). Нехватка информации о почвенных микробных сообществах является следствием их чрезвычайной сложности и генетического разнообразия (Torsvik et al., 1990). Микробные сообщества – живые системы, которые подвергаются влиянию внешних факторов, что ведет к адекватным изменениям в сообществе – как качественным, так и количественным. Поэтому изучение такой динамичной системы, как ризосфера, и влияния различных внешних факторов на нее имеет большое значение (Buckley D.H., Schmidt T.M., 2003).

Целью исследования явилось изучение динамики численности физиологических групп микроорганизмов ризосферы в процессе роста и развития пшеницы мягкой (Triticum aestivum L.), ячменя двурядного (Hordeum distichon L.) и овса обыкновенного (Avena sativa L.).

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1) определение общего количества микроорганизмов в ризосфере пшеницы мягкой (Triticum aestivum L.), ячменя двурядного (Hordeum distichon L.) и овса обыкновенного (Avena sativa L.) в различные фазы их развития;

2) определение численности и активности различных физиологических групп микроорганизмов ризосферы в разные фазы развития пшеницы Triticum aestivum L., ячменя Hordeum distichon L. и овса Avena sativa L.;

3) сравнение численности и активности микроорганизмов ризосферы у разных видов злаков (Triticum aestivum L., Hordeum distichon L. и Avena sativa L.).

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в июне-августе 2010 года. Отбор проб почвы с корней растений осуществляли на агробиостанции МарГУ в следующие фазы развития яровых злаков: кущение, выход в трубку, колошение (вымётывание), созревание.

Образцы почвы анализировали в день отбора. Для анализа микрофлоры корневой системы выбирали типичные для исследуемого участка 5 экземпляров растений. Готовили серию разведений почвенной суспензии (Сэги Й., 1983). При посеве на мясопептонный агар (для выявления сапротрофов) и крахмалоаммиачный агар (для выявления актиномицетов) 0,1 мл суспензии из разведения 1:104 высевали на поверхность застывшей агаровой пластинки с помощью шпателя Дригальского (Гаврилов К.Е., 2006). Олигонитрофильные микроорганизмы выявляли на голодном агаре. Для этого 1 мл суспензии из разведения 1:104 смешивали с еще не застывшей средой (глубинный посев). Выявление активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов проводили методом обрастания комочков почвы на среде Гетчинсона. При этом на агаровую пластинку помещали стерильный фильтр, смоченный средой Гетчинсона, и на него выкладывали 25 комочков почвы с корней растений (Теппер Е.З., 2004). Для каждого растения опыт проводили в трёх повторностях.

Окончательный подсчет колоний бактерий производили через 4 суток, грибов – 5-7 суток, актиномицетов – через 7-10 суток, олигонитрофилов – через 3-4 недели. Производили пересчет численности микроорганизмов в 1 г абсолютно сухой почвы. Биологическая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов определяли через 8-10 суток, подсчитывая соотношение между количеством комочков почвы, у которых наблюдалось разложение целлюлозы (фильтровальной бумаги), к их общему числу (Теппер Е.З., 2004).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы «Statistica V5.5A». Различия в численности физиологических групп микроорганизмов ризосферы в разные фазы развития растений проверялись методами однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа.

Результаты исследования. По мнению ряда авторов (Мишустин Е.Н., 1972; Никитин Д.И., 1974; Емцев В.Т., 1980), численность микроорганизмов ризосферы меняется по мере роста и развития растения. Отмечают, что наиболее интенсивное размножение бактерий в ризосфере наблюдается в период наиболее быстрого роста растений и достигает максимума в период цветения (Мишустин Е.Н., 1972; Bowen C.D., Rovira A.D., 1973; Никитин Д.И., 1974; Иванова Е.Ю., 2000). В опыте Д.Д. Карагуйшнева, Д.В. Камаловой, Т.П. Темировой (1987) максимальная численность микроорганизмов в ризосфере пшеницы наблюдалась в фазах всходов и колошения. Аналогичные результаты были получены Э.А. Головко (1983) при изучении сезонной динамики численности микрофлоры ризосферы озимой пшеницы и ржи, выращенных бессменно и в севообороте.

Причиной изменения численности бактериальных сообществ в процессе вегетации является изменение состава и количества корневых выделений у растений, служащих источником питания для микроорганизмов (Bowen C.D., Rovira A.D., 1973; Добровольская Т.Г., 2002).

В ходе исследования было установлено, что с возрастом растений меняется количественный состав ризосферной микрофлоры пшеницы Triticum aestivum L., ячменя Hordeum distichon L. и овса Avena sativa L. (табл. 1).

Таблица 1

Общая численность микроорганизмов ризосферы пшеницы *Triticum aestivum L.*, ячменя *Hordeum distichon L.* и овса *Avena sativa L.* в разные фазы развития растений, млн КОЕ/г почвы

Фаза развития растений	*Triticum aestivum L.*	*Hordeum distichon L.*	*Avena sativa L.*
Кущение	73,614±10,625	76,107±3,995	85,338±4,106
Выход в трубку	102,924±4,052	179,012±19,245	160,476±15,001
Колошение (вымётывание)	248,260±16,075	247,750±13,448	234,987±3,015
Созревание	154,907±1,225	152,688±12,416	158,511±9,213

По данным табл. 1, максимальная численность микроорганизмов ризосферы яровых злаков наблюдается в фазу колошения (вымётывания). По-видимому, это связано с увеличением синтеза корневых выделений растений в этот период. Следует отметить, что на протяжении периода вегетации изменяется не только количественный, но и качественный состав микрофлоры ризосферы.

В ходе нашего исследования были выявлены изменения численности сапротрофных микроорганизмов в ризосфере яровых злаковых культур в зависимости от фазы развития растений (табл. 2).

Таблица 2

Численность сапротрофных микроорганизмов ризосферы пшеницы *Triticum aestivum L.*, ячменя *Hordeum distichon L.* и овса *Avena sativa L.* в разные фазы развития растений, млн КОЕ/г почвы

Фаза развития растений	*Triticum aestivum L.*	*Hordeum distichon L.*	*Avena sativa L.*
Кущение	5,521±0,730	1,960±0,666	6,756±0,753
Выход в трубку	20,273±4,020	7,531±0,285	17,262±3,701
Колошение (вымётывание)	11,717±1,741	23,822±0,734	25,483±1,710
Созревание	1,132±0,460	1,075±0,186	1,064±0,123

Было обнаружено, что максимальная численность сапротрофов (рис. 1) в ризосфере пшеницы Triticum aestivum L. наблюдается в фазу выхода в трубку, ячменя Hordeum distichon L. и овса Avena sativa L. – в фазу колошения (вымётывания). Уменьшение численности сапротрофов в фазе созревания связано с тем, что в этот период роста и развития растений резко снижается метаболическая активность корней, так как пластические вещества поступают к формирующимся семенам (Кудрявцев В.А., Альжанова Р.М., 1982).

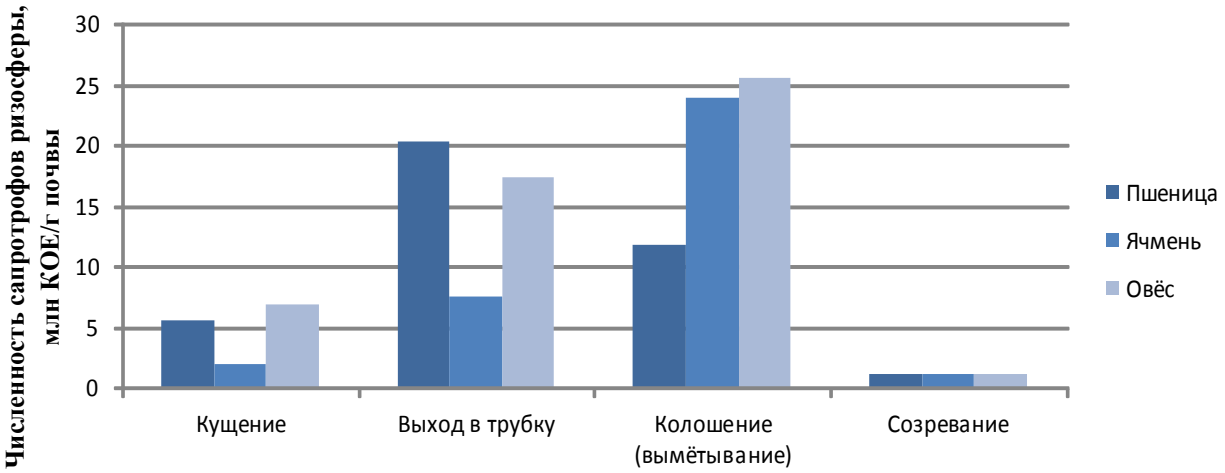


Рис. 1. Численность сапротрофных микроорганизмов ризосферы пшеницы *Triticum aestivum* L., ячменя *Hordeum distichon* L. и овса *Avena sativa* L. в разные фазы развития растений

Е.Н. Мишустин (1972), Ю.М. Возняковская (1969), Г.М. Салахова (2007) отмечают, что актиномицеты практически отсутствуют в ризосфере молодого растения и их численность возрастает по мере развития растения. По мнению Л.В. Калакуцкого и Л.С. Шарой (1990), актиномицеты активнее размножаются к концу вегетации растений. Аналогичные данные были получены Т.Х. Гордеевой (1998) при изучении влияния агротехнических мероприятий на микробиоценоз ризосферы озимой ржи.

Полученные в опыте данные показали, что численность актиномицетов в ризосфере яровых злаков изменяется в зависимости от фазы развития растений (табл. 3).

Таблица 3

Численность актиномицетов ризосферы пшеницы *Triticum aestivum L.*, ячменя *Hordeum distichon L.* и овса *Avena sativa L.* в разные фазы развития растений, млн КОЕ/г почвы

Фаза развития растений	*Triticum aestivum L.*	*Hordeum distichon L.*	*Avena sativa L.*
Кущение	3,834±0,731	2,575±0,680	2,212±0,617
Выход в трубку	1,404±0,473	7,366±2,225	8,135±1,247
Колошение (вымётывание)	6,458±1,025	9,952±2,102	7,415±1,463
Созревание	3,572±1,262	25,770±4,539	15,709±1,952

Установлено, что максимальная численность актиномицетов в ризосфере пшеницы Triticum aestivum L. наблюдается в фазу колошения, ячменя Hordeum distichon L. и овса Avena sativa L.− в фазу созревания (рис. 2). Эта группа микроорганизмов, в отличие от сапротрофов, живёт не за счёт экзосмоса растений, а принимает активное участие в разложении отмирающих корней, поэтому их наибольшая численность отмечается в завершающие фазы развития растений.

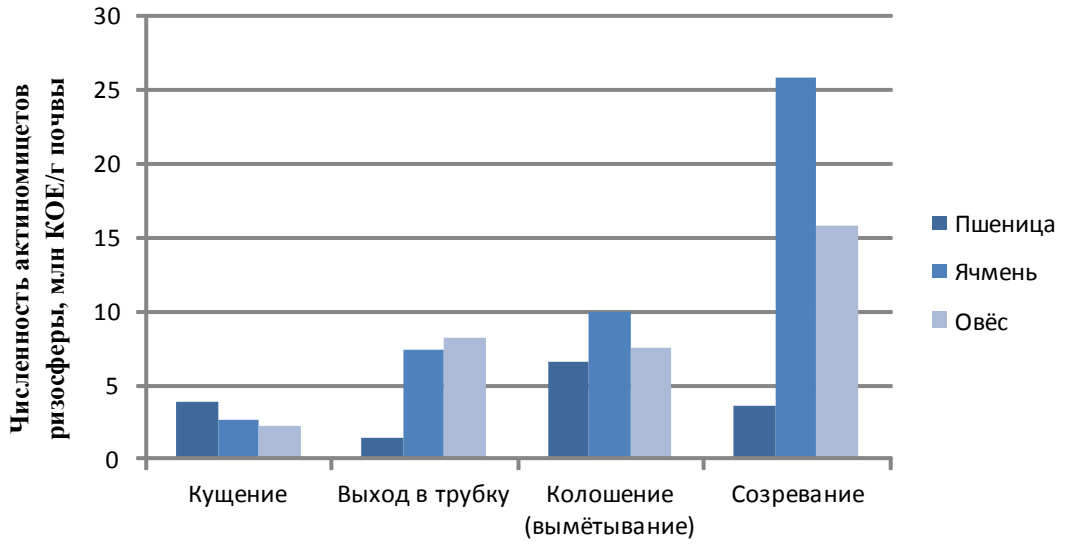


Рис. 2. Численность актиномицетов ризосферы пшеницы *Triticum aestivum* L., ячменя *Hordeum distichon* L. и овса *Avena sativa* L. в разные фазы развития растений

В ходе нашего исследования также были выявлены изменения численности олигонитрофильных микроорганизмов в ризосфере яровых злаковых культур в зависимости от фазы развития растения (табл. 4).

Таблица 4

Численность олигонитрофилов ризосферы пшеницы *Triticum aestivum L.*, ячменя *Hordeum distichon L.* и овса *Avena sativa L.* в разные фазы развития растений, тыс. КОЕ/г почвы.

Фаза развития растений	*Triticum aestivum L.*	*Hordeum distichon L.*	*Avena sativa L.*
Кущение	88,184±71,626	30,750±10,170	31,607±19,754
Выход в трубку	990,253±43,935	193,416±95,718	230,159±61,986
Колошение (вымётывание)	993,813±123,925	928,181±39,772	939,948±30,149
Созревание	296,021±93,111	303,226±14,899	345,745±45,451

Показано, что наибольшая численность олигонитрофилов (рис. 3) в ризосфере пшеницы Triticum aestivum L. наблюдается в фазы выхода в трубку и колошения, ячменя Hordeum distichon L. и овса Avena sativa L. – в фазу колошения (вымётывания).

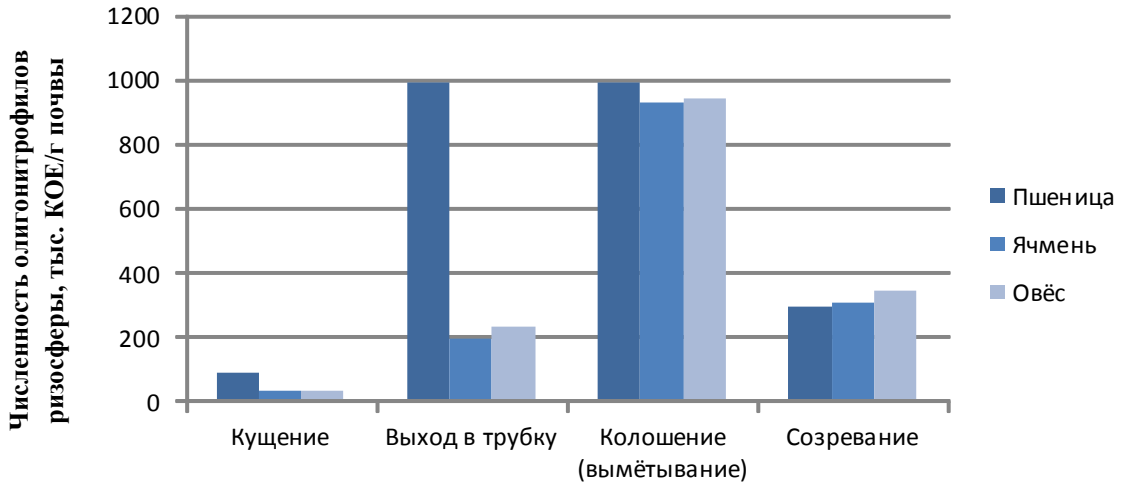


Рис. 3. Численность олигонитрофилов ризосферы пшеницы *Triticum aestivum* L., ячменя *Hordeum distichon* L. и овса *Avena sativa* L. в разные фазы развития растений

В наших исследованиях была также изучена численность микроскопических грибов ризосферы яровых злаковых культур (табл. 5).

Таблица 5

Численность грибов ризосферы пшеницы *Triticum aestivum L.*, ячменя *Hordeum distichon L.* и овса *Avena sativa L.* в разные фазы развития растений, тыс. КОЕ/г почвы

Фаза развития растений	*Triticum aestivum L.*	*Hordeum distichon L.*	*Avena sativa L.*
Кущение	389,924±16,307	84,179±1,331	101,932±22,993
Выход в трубку	522,807±48,960	107,408±2,570	127,778±14,521
Колошение (вымётывание)	100,542±9,621	79,054±9,277	63,359±45,132
Созревание	72,148±36,529	140,860±32,597	200,709±38,476

Было обнаружено, что максимальная численность микромицетов в ризосфере пшеницы Triticum aestivum L. наблюдается в фазу выхода в трубку, а в ризосфере ячменя Hordeum distichon L. и овса Avena sativa L. численность грибов в разные фазы развития существенно не различается. Однако отмечается некоторая тенденция к увеличению в фазу созревания (рис. 4).

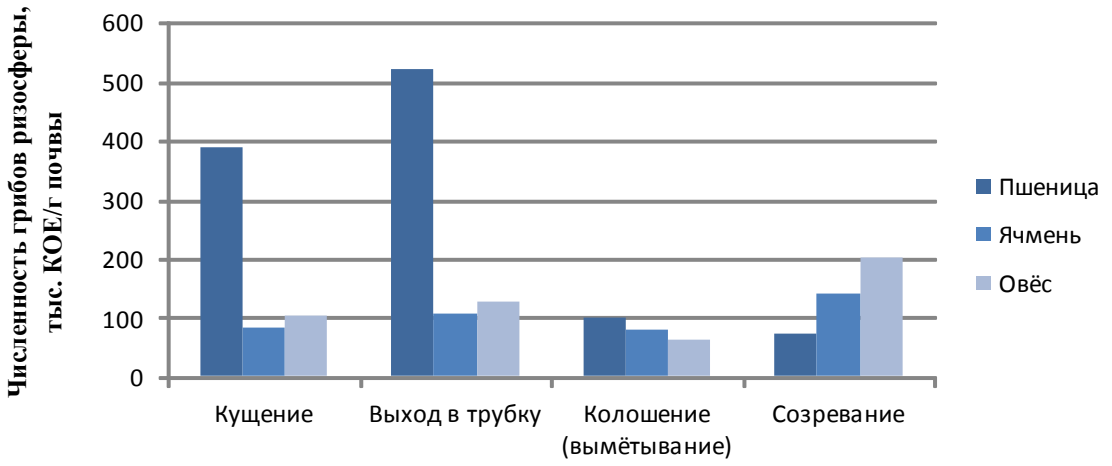


Рис. 4. Численность грибов ризосферы пшеницы *Triticum aestivum* L., ячменя *Hordeum distichon* L. и овса *Avena sativa* L. в разные фазы развития растений

В результате изучения целлюлозоразрушающих микроорганизмы (ЦРМ) было установлено, что их активность изменяется в зависимости от фазы развития растения. Наибольшая активность ЦРМ наблюдается в завершающие фазы развития злаковых растений (рис. 5). Это связано с тем, что эта группировка микроорганизмов, подобно актиномицетам, живет не за счет экзосмоса растений, а принимает активное участие в разложении отмирающих корневых остатков (Мишустин Е.Н., 1972).

Таким образом, численность разных физиологических групп микроорганизмов ризосферы меняется в процессе роста и развития растения и тесно связана с прохождением растением фаз жизненного цикла.

Выводы. Общая численность микроорганизмов в ризосфере пшеницы Triticum aestivum L., ячменя Hordeum distichon L. и овса Avena sativa L. изменяется в различные фазы развития растений: количество микроорганизмов увеличивается по мере роста и развития растения, наибольшее их число наблюдается в фазе колошения.

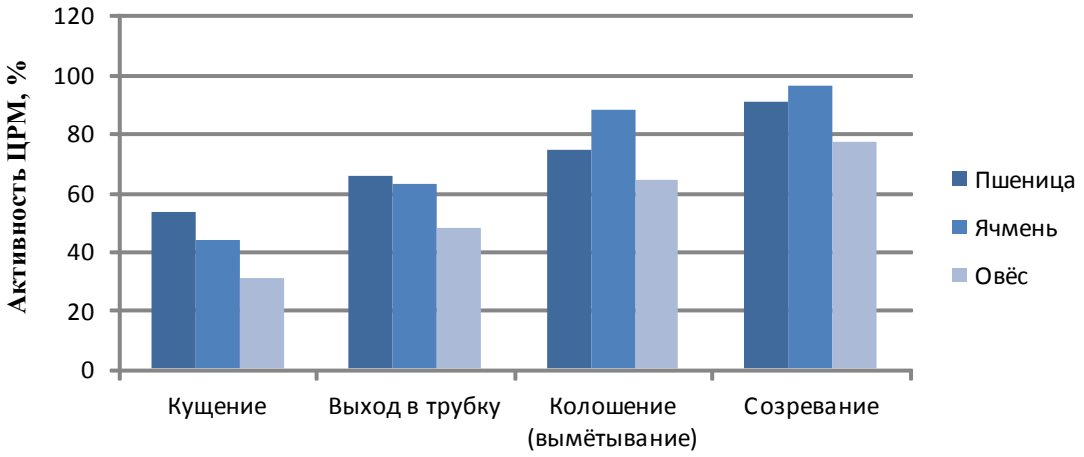


Рис. 5. Активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в ризосфере пшеницы *Triticum aestivum* L., ячменя *Hordeum distichon* L. и овса *Avena sativa* L. в разные фазы развития растений

Численность сапротрофных микроорганизмов в ризосфере трех изученных видов злаков изменяется в различные фазы их развития, и наибольшее их число наблюдается в период интенсивного роста: в ризосфере Triticum aestivum L. − в фазу выхода в трубку, Hordeum distichon L. и Avena sativa L. – в фазу колошения (вымётывания).

Численность грибов в ризосфере пшеницы Triticum aestivum L. изменяется в зависимости от фазы развития и достигает максимума в фазе выхода в трубку; численность грибов в ризосфере ячменя Hordeum distichon L. и овса Avena sativa L. существенно не различается по фазам развития растений.

Численность актиномицетов и активность аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов в ризосфере Triticum aestivum L., Hordeum distichon L. и Avena sativa L. увеличиваются по мере роста растений и максимальны в завершающие фазы развития злаков.

Численность физиологических групп микроорганизмов ризосферы различна у трех изученных видов злаков и обусловлена видовыми особенностями растений.

Библиографический список

1. *Белимов, А.А.* Взаимодействие ассоциативных бактерий и растений в зависимости от биотических и абиотических факторов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.А. Белимов. – СПб., 2008. – 46 с.

2. *Возняковская, Ю.М.* Микрофлора растений и урожай / Ю.М. Возняковская. − Л.: Колос, 1969. − 238 с.

3. *Гаврилов, К.Е.* Экология микроорганизмов: методические указания / К.Е. Гаврилов. – Киров: Изд-во ГОУ ВПО «Вятский государственный университет», 2006. – 32 с.

4. *Головко, Э.А.* Физиолого-биохимические взаимодействия растений и почвенных микроорганизмов / Э.А. Головко // Материалы 3 Всесоюзного совещания по проблемам агрофитоценологии. – Ижевск: Изд-во УГУ, 1983. – С.19-28.

5. *Добровольская, Т.Г.* Структура бактериальных сообществ почв / Т.Г. Добровольская. – М.: ИКЦ «Академ -книга», 2002. – 282 с.

6. *Емцев, В.Т.* Микробы, почва, урожай / В.Т. Емцев. – М.: Колос, 1980. – 126 с.

7. *Иванова, Е.Ю.* Основы микробиологии и экологии бактерий: методические указания / Е. Ю. Иванова. − Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. − 28 с.

8. *Калакуцкий, Л.В.* Актиномицеты и высшие растения / Л.В. Калакуцкий, Л.С. Шарая // Успехи микробиологии. – 1990. – № 24. – С.26-65.

9. *Карагуйшнева, Д.Д.* Ризосферная микрофлора в чередовании сельскохозяйственных культур в севообороте / Д.Д. Карагуйшнева, Д.В. Камалова, Т.П. Темирова // Известия АН Казахской ССР. Сер.: Биология. – 1987. – № 5. – С.58-63.

10. *Кудрявцев, В.А.* Рост, развитие и устойчивость растений / В.А. Кудрявцев, Р.М. Альжанова. – Целиноград: Изд-во ЦСИ, 1982. – 122 с.

11. *Мишустин, Е.Н.* Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин. – М.: Наука, 1972. – 343 с.

12. *Никитин, Д.И.* Ризосферная микрофлора / Д. И. Никитин // Жизнь растений: в 6 т. – М.: Просвещение, 1974. − Т.1. Введение. Бактерии и актиномицеты. – С. 320-322.
13. *Сэги, Й.* Методы почвенной микробиологии / Й. Сэги; пер. с венг. И.Ф. Куренного; под ред. и с предисл. Г.С. Муромцева. – М.: Колос, 1983. – 296 с.
14. *Теппер, Е.З.* Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
15. *Bowen, C.D.* Are modeling approaches useful in rhizosphere biology?/ C.D. Bowen, A.D. Rovira; ed. by T. Rosswell // Modern Methods in the Study of Microbial Ecology. − Stockholm: Swedish National Science Research Council, 1973. – P.443-450.
16. *Buckley, D.H.* Diversity and dynamics of microbial communities in soils from agro-ecosystems / D. H. Buckley, T.M. Schmidt // Environmental Microbiology. – 2003. – Vol. 5, № 6. – P. 441-452.
17. *Copley, J.* Ecology goes underground / J. Copley // Nature. – 2000. – № 406. – P. 452-454.
18. *Torsvik, V.* High diversity in DNA of soil bacteria / V. Torsvik, J. Goksoyr, F.L. Daae // Appl. Environ. Microbiol. – 1990. – № 56. – P. 782-787.

УДК 57.085.23

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ХРИЗАНТЕМЫ В КУЛЬТУРЕ IN VITRO

М. А. Микунова, Р. В. Сергеев
Марийский государственный технический университет

STUDY DEVELOPMENS OF PLANTS OF A CHRYSANTHEMUS TO CULTURE IN VITRO

M. A. Mikunova, R. V.Sergeev
Mari State Technical University

Название растения происходит от греческих слов «chrysos» (золото) и «anthemis» (цветок) и объясняется желтой окраской соцветий хризантемы увенчанной.

Род насчитывает более 200 видов, произрастающих в умеренной и северной зонах земного шара, преимущественно в Азии.

Растения однолетние и многолетние, травянистые или полукустарники. Стебли голые или опушенные. Листья расположены в очередном порядке, простые, цельные, зазубренные, выемчатые или рассеченные, различные по величине и форме, опушенные или нет. Цветки собраны в соцветие — корзинку. Плод — семянка без опушения. Размножение – семенами и вегетативно.

Хризантемы ценятся за декоративность и универсальность в использовании. Это и горшечная культура, и садовые формы, и цветы для срезки. Необыкновенно разнообразна форма «лепестков» и богата гамма окрасок соцветий. Хорошо сформирован сам куст. Хризантемы хороши в совместных посадках с различными многолетниками или декоративными кустарниками, прекрасно смотрятся на клумбах, рабатках, в бордюрах, хорошо чувствуют себя в контейнерных посадках. Виды хризантемы корейской устойчивы для выращивания в открытом грунте в средней полосе.

Достижения в области культуры клеток и тканей привели к созданию принципиально нового метода вегетативного размножения − клонального микроразмножения (получение *in vitro*, неполовым путем, генетически идентичных исходному экземпляру растений). В основе метода лежит уникальная способность растительной клетки реализовывать присущую ей тотипотентность. Термин "клон" был предложен в 1903 году Уэбстером (греч. klon − черенок или побег, пригодный для размножения растений). В соответствии с научной терминологией,

клонирование подразумевает получение идентичных организмов из единичных клеток.

Клональное микроразмножение имеет ряд преимуществ перед существующими традиционными способами размножения:

- получение генетически однородного посадочного материала;
- освобождение растений от вирусов за счет использования меристемной культуры;
- высокий коэффициент размножения (10^5-10^6 − для травянистых, цветочных растений; 10^4-10^5 − для кустарниковых древесных растений; 10^4 − для хвойных);
- сокращение продолжительности селекционного процесса;
- ускорение перехода растений от ювенильной к репродуктивной фазе развития;
- размножение растений, трудно размножаемых традиционными способами;
- возможность проведения работ в течение всего года;
- возможность автоматизации процесса выращивания.

Пионером клонального микроразмножения считается французский ученый Жан Морель.

Последовательность получения растений клональным микроразмножением можно условно разделить на 4 этапа:

Первый этап − подготовка и введение определенной части растения в культуру.

На данном этапе проводится выбор растения-маточника, отделение экспланта и его обеззараживание. Далее части растения помещаются на питательную среду в пробирки или любые другие культуральные сосуды с добавлением различных регуляторов роста.

Таким образом, на первом этапе стерильные «кусочки» растения-маточника располагают на питательной среде в пробирках, и они начинают расти.

Второй этап − собственно микроразмножение с получением максимального количества миниатюрных растений. За счет внесения различного количества регуляторов роста (гормонов) в питательную среду мы добиваемся разрастания фрагментов растений «в пробирке» в условиях искусственного освещения. Образуется большое количество миниатюрных растений в каждой пробирке.

На третьем этапе осуществляется укоренение в условиях in vitro: растения пересаживают на специальную питательную среду для укоренения.

На четвертом этапе растения высаживают в стерильный грунт для адаптации к почвенным условиям в течение 1-4 недель. Полученные миниатюрные растения доращиваются в условиях теплицы или открытого грунта до необходимых размеров.

Эксперимент проводили следующим образом:

1. Подготовка и введение определенной части растения в культуру.

Для введения в культуру и получения каллусной ткани с регенерацией целых растении был выбран в качестве экспланта лепесток соцветия хризантемы. Поэтому подготовку самого растения не проводили. Несколько лепестков хризантемы перед помещением на питательную среду были поверхностно стерилизованы 0,1 % раствором сулемы в течение 5 минут с последующей промывкой автоклавированной водой 3 раза по 15 минут. Стерилизация проводилась на аппарате роллерного типа со скоростью вращения 30 оборотов в минуту. После стерилизации лепестки были перенесены на питательную среду. Для начала роста каллусной ткани была выбрана питательная среда Мурасиге-Скуга с добавлением фитогормонов БАП − 5мг/л, НУК − 1мг/л. В течение нескольких месяцев на некоторых лепестках наблюдали рост светло-белой каллусной ткани с небольшими участками зеленого цвета.

2. Получение требуемого количества размножаемого материала.

В зависимости от размера полученную каллусную ткань разрезали на несколько частей. Участки с зеленым цветом помещали на питательную среду Мурасиге-Скуга, уменьшив содержание фитогормонов в два раза, а участки с белым цветом − на первую питательную среду. При освещенности 5000 лк происходила регенерация растений хризантемы из каллусной ткани в течение нескольких месяцев. Подрастающие веточки хризантемы разрезали на участки с одной почкой и, удалив лист, переносили на свежую питательную среду. Повторяя операции с каллусной тканью и разрезкой на участки с одной почкой, получили необходимое количество размножаемого материала.

3. Укоренение в условиях in vitro.

Растения, достигшие в высоту 2 см, пересаживали на новую питательную среду Мурасиге-Скуга с добавлением НУК − 0,1мг/л, сахара − 10 г/л, без витаминов и мезинозита. В течение 1-2 месяцев происходил рост корневой системы и рост самого растения.

4. Адаптация растений до условий отрытого грунта

Хризантемы с корневой системой не менее 2-3 корней пересаживали в ящики с высокими бортами в смесь из равных частей торфа, песка, почвы. Верхний слой почвенной смеси, в котором непосредственно размещались корни, был продезинфицирован паровой обработкой в течение 30 минут, а нижний слой почвенной смеси оставался без обработки. Для уменьшения испарения и увеличения влажности в зоне роста растений, ящик накрыли полиэтиленовой пленкой. Пленку, по мере адаптации растений и начала роста приоткрывали, а потом удаляли полностью.

Список источников

[http://flower.onego.ru/other/chrysant.html]
[http://www.pitomnik-plus.narod.ru/telo/stat/mikro.html]
[http://geektech.ru/9.html]

УДК 630*228.7(470.40)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СУРАМЕНЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Т. Ф. Мифтахов, Т. В. Нуреева
Марийский государственный технический университет

ECOLOGICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF PLANTATION SILVICULTURAL FOR TIMBER WITH DESIRED PROPERTIES IN THE SOILS OF THE C2 ECOLOGICAL ROW (FOR EXAMPLE OF SCOTS PINE)

T. F. Miftahov, N. V. Nureeva
Mari State Technical University

Зона хвойно-широколиственных лесов, особенно Приволжского федерального округа, характеризуется интенсивным ведением лесного хозяйства, стабильно большой потребностью

в древесине в связи с наличием крупных предприятий по переработке древесины (Балахнинский и Волжский ЦБК и др.) и необходимостью обеспечения древесиной южных областей по реке Волге. На больших площадях вырубок лесов начиная с послевоенных лет велись активные мероприятия по воспроизводству лесов, включающие создание лесных культур путем посева семян и посадки сеянцев и саженцев. Одним из особенностей воспроизводства лесов было создание лесных культур сосны в несвойственных для нее экологических условиях – сураменях и раменях. Древесина сосны широко применяется во всех отраслях промышленности.

Обеспечить рациональное, неистощительное, многоцелевое использование лесов для удовлетворения нужд общества невозможно без оценки состояния качества лесов и древесины в них. На сегодняшний день в лесном хозяйстве нет единого метода, способного одновременно дать экологическую и экономическую оценку применяемым технологиям создания и выращивания лесных культур. Такие критерии, как запас, средний диаметр, класс товарности, количество деревьев на 1 га, не отражают все качественные и количественные характеристики подлежащих рубке насаждений.

В практике лесного хозяйства во всем мире в качестве универсального метода оценки производительности лесов используют значение массы стволовой древесины. На ее основе можно проводить сравнение технологий выращивания леса, качества выращиваемой древесины и моделирования предстоящих хозяйственных мероприятий. Помимо этого изучение плотности древесины позволяет выявить уникальные свойства древесины. Исследования производительности лесов становятся актуальными при выращивании сосны в несвойственных для нее лесорастительных условиях.

Необходимость подобных исследований связана с малой изученностью качественных характеристик древесины в несвойственных для естественного роста сосны условиях. Многие авторы (О.И. Полубояринов, В.И. Пчелин, В.И. Шутов и др.) отмечают не только низкую плотность древесины сосны, но и её невысокие показатели по основным физико-механическим критериям. Также актуальность таких исследований связана с наличием больших площадей лесных культур сосны в условиях сураменей.

По результатам наших исследований, проведенным в Арском лесничестве Республики Татарстан и Учебно-опытном лесхозе МарГТУ Республики Марий Эл, было выявлено, что в Арском лесничестве общая площадь насаждений с участием сосны составляет 10692,1 га при общем количестве выделов 3388, площадь лесных культур и естественных насаждений соответственно 10212,5 и 479,6 га, а количество участков 3256 и 132 (рис. 1). В Учебно-опытном лесхозе МарГТУ все насаждения искусственного и естественного происхождения с участием сосны занимают 998,6 га, количество участков 363. Естественные и искусственные насаждения составляют 73 % и 27 % соответственно. Насаждения различного происхождения присутствуют во всех классах возраста.

Оценка созданных искусственным путем лесных ресурсов позволит не только выявить ценные свойства выращиваемой древесины, но также обосновать технологию создания и выращивания лесных культур для получения древесины с заданными свойствами. Кроме этого, появляется возможность получения древесины с ценными свойствами уже в настоящее время при проведении промежуточных рубок.

Главной целью данной работы является обоснование возможности выращивания лесных культур с целью получения древесины с высокими физико-механическими свойствами и вы-

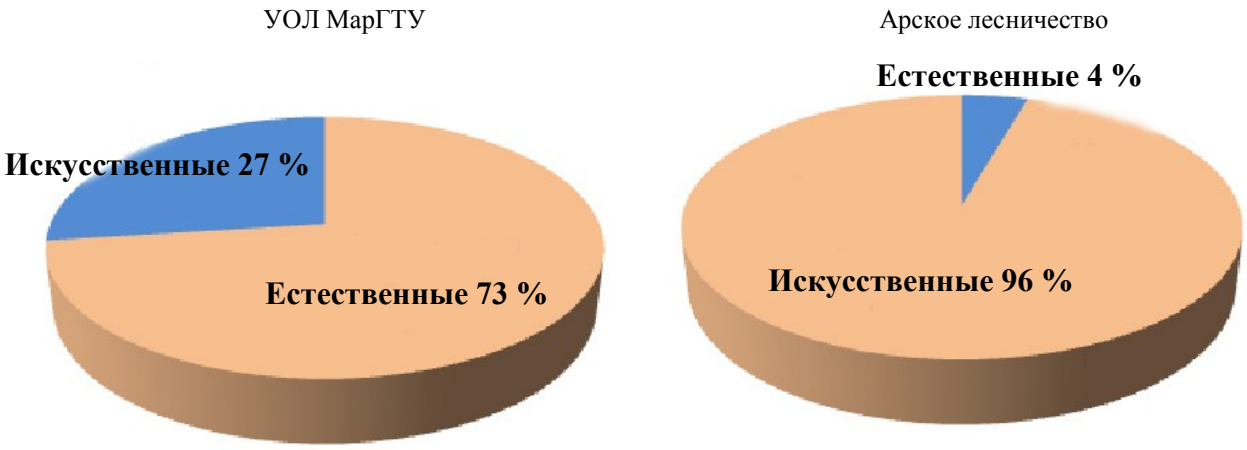


Рис. 1. Распределение по площади насаждений с участием сосны искусственного и естественного происхождения в исследуемых лесничествах в ТЛУ C_2

явление технологий создания искусственных насаждений сосны, позволяющих выращивать древесину с улучшенными свойствами.

Изучение и выявление уникальных свойств древесины позволит обеспечить рациональную эксплуатацию древесных ресурсов, а также выявить и обосновать технологии создания и выращивания будущих плантационных культур в условиях сураменей. Разработанные рекомендации по ведению хозяйства позволят получать более высокий доход лесовладельцам, а также расширить сырьевую базу как для деревообрабатывающих предприятий, так и для целлюлозно-бумажных комбинатов. Предлагаемый вариант «создания лесосырьевых плантаций» дает возможность для получения дополнительной прибыли не только арендаторам и лесопользователям, но и государству в виде налоговых отчислений.

В результате проведения исследования планируется выявить связь между свойствами получаемой древесины и технологией создания и выращивания лесных культур и обосновать экономическую эффективность мероприятий, что позволит разработать рекомендации по ведению высокодоходного хозяйства с разработкой бизнес-проектов.

Библиографический список

1. Плантационное лесоводство / под общ. ред. И. В. Шутова. − СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. − 366 с.
2. *Полубояринов, О. И.* Качество древесины культур сосны плантационного типа на северо-западе Европейской части СССР / О.И. Полубояринов, Р.Б. Федоров // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. − Л.: ЛТА, 1991. − С. 89-95.
3. Разработать региональные реомендации к наставлению по плантационному выращиванию ели и сосны в возрасте до 30 лет: отчет о НИР/ МарПИ; Рук. В.И. Пчелин. №. ГР 01870071154; инв. № 0280.062521. − Йошкар-Ола, 1987. − 57 с.

УДК 630*165

ОЦЕНКА УРОВНЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НОРМАЛЬНОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ КАТЕГОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ISSR-МАРКЕРОВ

О. А. Овчинникова, О. В. Шейкина
Марийский государственный технический университет

ESTIMATION OF GENETIC VARIABILITY LEVEL FOR *PINUS SYLVESTRIS* NORMAL SEEDS BY ISSR-MARKERS

O. A. Ovchinnikova, O. V. Sheikina
Mari State Technical University

Биоразноборазие – это многообразие жизненных форм на Земле, которые включают все организмы, виды, генетические различия между ними, сложные симбиозы, сообщества и экосистемы. Это огромный генофонд планеты, и чем более он разнообразен, тем легче наша глобальная экосистема адаптируется к новым условиям: одни виды вымирают, другие адаптируются и изменяются, ежесекундно реагируя на изменяющуюся ситуацию. Ученые выделяют три вида биоразнообразия: генетическое разнообразие – все возможные гены всех живых видов, включая растения, животных, грибы и микроорганизмы; разнообразие видов – разнообразие живых организмов, в том числе и внутривидовое; разнообразие экосистем – различных способов сосуществования и взаимозависимости биологических видов, биологических сообществ, мест обитания и экологических процессов, так же как и изменений отдельных экосистем.

Почти 20 лет назад (1992 г.) в Рио-де-Жанейро на конференции ООН по окружающей среде и развитию (UNCED) был принят исторический документ − Конвенция о биологическом разнообразии. На конференции UNCED было признано, что снижение уровня биологического разнообразия является одной из основных причин прогрессирующей деградации природных экосистем. Сегодня число факторов угрозы генному фонду, видам и экосистемам велико как никогда. В результате деятельности человека экосистемы деградируют, виды умирают или их численность тревожными темпами сокращается до уровней нежизнеспособности. Утрата биоразнообразия подрывает саму основу Жизни на Земле и представляет собой поистине глобальную трагедию. В связи с этим весьма важной проблемой является сохранение генетического разнообразия лесов при лесовосстановлении.

Целью данного исследования является оценка уровня генетической изменчивости семян сосны обыкновенной нормальной селекционной категории, широко используемых для лесовосстановления. Семена для исследований были получены с семенного склада Ибресенского лесничества Чувашской Республики.

Для оценки генетической изменчивости использовался метод генетического анализа, основанный на применении полимеразной цепной реакции (ПЦР) с ISSR-маркерами. Преимуществом данного вида анализа является то, что для создания ISSR-маркеров используют праймеры, комплементарные микросателлитным повторам и несущие на одном из концов последовательность из двух-четырех произвольных нуклеотидов. Такие праймеры позволяют амплифицировать фрагменты ДНК, которые находятся между двумя достаточно близко расположенными микросателлитными последовательностями. В результате амплифицируется большое число фрагментов, представленных на электрофореграмме дискретными полосами. Для создания ISSR-маркеров не требуется предварительного знания нуклеотидной последовательности исследуемой ДНК. Метод обладает хорошей воспроизводимостью и может быть с успехом использован для оценки уровня генетической изменчивости. Наши исследования показали успешность данного метода в исследовании плюсовых деревьев сосны обыкновенной [1,2].

Метод включает следующие этапы:

- выделение ДНК;
- проведение ПЦР;
- электрофорез продуктов ПЦР;
- интерпретация результатов.

Выделение ДНК проводилось по методике Doyle J.J., Doyle J.L. из проростков семян [3]. Данный процесс включает в себя экстракцию, очистку гомогената, осаждение ДНК, очистку выделенной ДНК, лиофилизацию и подготовку к хранению выделенной ДНК. Данный метод позволяет быстро извлекать ДНК из малых количеств свежих растительных тканей.

Амплификация ДНК проводилась при следующих условиях: 2 минуты − предварительная денатурация при 40 °С; 30 секунда − денатурация при 94 °С; 45 секунд − отжиг при 65 °С; 90 секунд − элонгация; 20 минут − финальная элонгация при 72 °С. Всего 45 циклов амплификации.

ПЦР проводили в тонкостенных пробирках на амплификаторе MJ MiniTM Gradient Thermal Cycler (BIO-RAD). Для проведения ПЦР был использован набор реактивов Encyclo PCR kit («Евроген», Россия). В состав реакционной смеси общим объемом 10 мкл входили: 1,0 мкл − ПЦР-буфер; 0,2 мкл − 10Мм dNTPs; 0,1 мкл − 100мкМ праймер; 1 мкл − ДНК (20-50 нгр); 0,2 мкл − ДНК-полимеразы (2 ед/мкл); 7,5 мкл − стерильная вода. Использовался праймер (AC)6AC.

Выявление продукта ПЦР проводилось при помощи электрофореза в 1,5% агарозном геле (рис. 1). Данные электрофореза обрабатывались в программе «Quantity One».

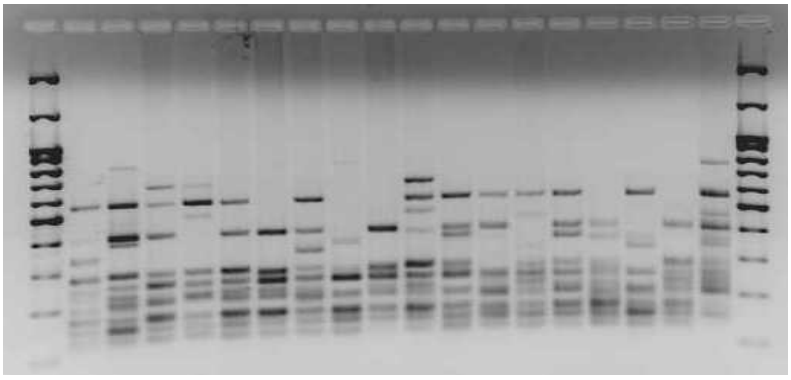


Рис. 1. ISSR профили для 18 проростков сосны, определенных с праймером (AC)6AC:
2-19 дорожки – профили разных образцов ДНК; 1 и 20 дорожки – ДНК маркер 3kb+1.5kb+100bp (СибЭнзим)

Для расчета генетических параметров, использовалась специализированная программа «PopGen». Результаты вычислений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Генетическая изменчивость семян сосны обыкновенной нормальной селекционной категории

Показатели генетической изменчивости семян	Значение
Размер образца	34
Число обнаруженных фрагментов	16
Число полиморфных локусов	14
Доля полиморфных локусов	87,5 %
Наблюдаемое число аллелей	1,88
Эффективное число аллелей	1,47
Генетическое расстояние по Нею	0,28
Индекс Шеннона	0,43

Всего при использовании праймера (AC)6AC было обнаружено 16 амплифицированных фрагментов, 14 (87,5 %) из которых оказались полиморфными. Эффективное число аллелей для полиморфных локусов варьирует от 1,09 до 1,99 со средним значением 1,47; генетическое разнообразие по Нею находится в пределах 0,0862 до 0,4996 и в средним составляет 0,28; индекс Шеннона колеблется от 0,1839 до 0,6927 со средним значением 0,4273. В целом генетическое разнообразие исследованных семян можно оценить как достаточно высокое.

Библиографический список

1. *Новиков, П.С.* Молекулярно-генетические исследования плюсовых деревьев сосны обыкновенной (Pinus sylvestris) ISSR-маркерами / П.С. Новиков, Т.Н. Милютина, О.В. Шейкина. − Волгоград: Изд-во AVATARS, 2010. − С. 339-343.

2. *Новиков, П.С.* Исследование генетической изменчивости плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* ISSR маркерами / П.С. Новиков, Т.Н. Милютина, О.В. Шейкина // Материалы VI Московского международного конгресса. Ч. 1 (Москва, 21-25 марта, 2011 г.). − М.: ЗАО «Экспобиохимтехнология», РХТУ им. Д. И. Данилова. − С. 292.

3. *Doyle, J.J.* A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue / J.J. Doyle, J.L. Doyle // Phytochemical Bulletin. − 1991. − № 19. − P. 11-15.

УДК 630*181.5:630*164.6

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЕКОРАТИВНЫХ СОРТОВ РАСТЕНИЙ *GERBERA JAMESONII*

Е. В. Баклыкова, А. В. Канарский
Марийский государственный технический университет

DEVELOPMENT FOR EFFECTIVE TECHNOLOGY OF OBTAINING PLANTING MATERIAL VARIETIES OF PLANTS GERBERA JAMESONII

E. V. Baklykova, A. V. Kanarskii
Mari State Technical University

Гербера − многолетнее травянистое растение семейства Сложноцветные (лат. Compositae (Asteraceae)), подсемейство Астровые. Род объединяет около 80 видов. Гербера Джеймсона – родоначальный вид, давший ассортимент прекрасных сортов, цветущих почти круглый год эффектными яркими цветками, напоминающими ромашку по строению [1].

В комнатной культуре обычно выращивают низкорослые компактные формы герберы Джеймсона (*Gerbera jamesonii* Happipot) [2].

Большинство источников мировой литературы описывают морфогенез в культуре *in vitro* герберы Джеймсона как простейшего вида рода гербера, и практически ничего неизвестно про культуру ткани других сортов и гибридов [3].

Разработанная нами ранее технология микроклонального размножения для герберы Джеймсона дала высокие коэффициенты размножения на среде DKW (до 14), успешное укоренение до 96 % и 98 % приживаемости.

Для дальнейшего исследования были подобраны два сильно различающиеся между собой по внешним характеристикам и по условиям произрастания сорта гербера Фестивал мини Ф1 и гербера Калифорнийская гигантская.

Гербера Фестиваль мини Ф1 − уникальная миниатюрная серия герберы, высота которой 15-20 см, диаметр 15 см. Соцветие в виде корзинок диаметром 5-7,5 см бывает самой разно-

образной окраски. Гербера Калифорнийская гигантская в отличие от первой многолетнее комнатное растение, которое цветет с июля по сентябрь и также подходит для срезки. Высота 45-60 см, ширина куста 25-30 см [1].

По отработанной технологии испытуемым сортам предстоит пройти три основных этапа: введение эксплантов герберы в культуру *in vitro*, укоренение регенерантов в торфяных таблетках и адаптация к условиям окружающей среды [4].

Перед началом эксперимента ставятся задачи сократить время формирования взрослого растения, свободного от инфекции и адаптированного к условиям окружающей среды, выделение оптимальных сред минерального состава и гормонов роста, а также правильный подбор фотопериода и интенсивности освещения.

Библиографический список

1. *Хейтц, Х.* В мире цветов / Х. Хейтц ; пер. с нем. И. Владимировене ; ред. Б. Белкинд ; науч. ред. Ж. Лаздаускайте. − Вильнюс: ГАМТА; Калининград: Янтарный сказ, 2002. − 237 с.

2. *Бутенко, Р.Г.* Клеточные технологии в сельскохозяйственной науке и практике / Р.Г. Бутенко // Основы сельскохозяйственной биотехнологии. − М., 1990.

3. *Kumar, S. In vitro* regeneration of *Gerbera jamesonii* Bolus from leaf and petiole explants / S. Kumar, J.K. Kanwar, D.R. Sharma //J. Plant Biochem. Biotechnol. − 2004. − Vol.13. − P.73-75.

4. *Osiecki, M.* Effect of proparagation method on the greenhouse performance of Gerbera cultivars (*Gerbera Jamesonii*) / M.Osiecki // International Symposium on Propagation of Ornamental Plants. Acta Hort. (ISHS). Vol. 226. − 1988. − P. 499-502.

УДК 630*434

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ НА СВЕЖИХ СОСНОВЫХ ГОРЕЛЬНИКАХ

С. А. Денисов, В. В. Самоделкина
Марийский государственный технический университет

PREDICTION OF REFORESTATION IN FRESH BURNT PINEWOOD

S. A. Denisov, V. V. Samodelkina
Mary State Technical University

В настоящее время большое внимание уделяется горельникам 2010 года. Общая площадь лесов РМЭ, пройденных пожарами 2010 года, – 64730 га. Проблемы, возникающие при ликвидации последствий пожаров те же, что и в 1972 году [1].

Сразу после пожаров перед лесным хозяйством возникают следующие задачи: выбор методов лесовосстановления, оптимизация финансовых затрат. Как правило, основная роль в восстановлении леса на гарях отводится посадкам. Создание лесных культур здесь является обоснованным только при условии, что их создание преследует вполне определенное целевое назначение (программные леса). Для прогнозирования состава будущих молодняков при ориентации на естественное возобновление необходимо ориентироваться на типы лесорастительных условий, интенсивность пожара, наличие источников семян, а затем и количество самосева и подроста. В лесном хозяйстве для этого требуется несколько лет. Нами предлагается технология раннего прогнозирования естественного возобновления леса на горельниках, являющаяся новой в области лесного хозяйства.

Цель работы – лесоводственно-биологическое обоснование раннего прогнозирования естественного возобновления леса на свежих горельниках для планирования мероприятий по лесовосстановлению.

Для реализации данной цели решаются следующие задачи:

1) отбор образцов почвы с семенным материалом на горельниках и проращивание семенного материала;

2) анализ численности и видового состава всходов;

3) учет семенного материала сосны на разработанных горельниках;

4) предварительный прогноз естественного возобновления леса на местах пожаров;

5) учет всходов и самосева в последующие годы для оценки прогноза.

Объектами исследований являются горельники Куярского районного лесничества. Насаждения пройдены низовыми пожарами.

Для проведения исследований заложены круговые учетные площадки на 5 трансектах длиной около 200 м каждая, через 20 м друг от друга.

На первой трансекте, где проводились исследования, горельник был вырублен еще осенью 2010 года. Летом 2011 года вырубили участок горельника, где была заложена 5 трансекта. Остальные трансекты находятся под пологом поврежденных пожаром насаждений.

По результатам исследований осенью 2010 года мы сделали вывод, что успешное возобновление березой следует ожидать на всех обследованных участках горельника. Количество всходов березы варьировало от 0,6 до 52 млн. шт./га. Встречаемость равна единице. Наименьшее количество всходов отмечено на первой трансекте (1,9 млн. шт./га), четвертой (2,4 млн. шт./га) и пятой (0,6 млн. шт./га). На второй и третьей трансектах зафиксировано наибольшее количество всходов – соответственно 34,6 и 52,1 млн. шт./га.

Осенью 2010 года также были собраны шишки после разработки горельника на первой трансекте с земли и с живых ветвей в куче порубочных остатков, а извлеченные из них семена пророщены. Среднее значение энергии прорастания семян в первом случае составило 20 %, а во втором − 58 %.

Анализ всходов на горельниках летом 2011 года показал, что видовой состав представлен сосной и осиной, реже встречается береза. Количество всходов сосны значительно больше на неразработанных горельниках, чем на тех площадях, где древостои разработаны (табл. 1). Количество всходов сосны на обследуемых участках варьирует от 0 до 370 тыс. шт./га, всходов березы − от 8 до 100 тыс. шт./га, всходов осины − от 1 до 700 тыс. шт./га.

На первой трансекте на вырубленном осенью горельнике всходов сосны не обнаружено. Всходы на учетных площадках представлены осиной − от 0 до 2 млн. шт./га, в небольшом количестве встречается береза.

На второй, третьей и четвертой трансектах, находящихся под пологом леса, всходы сосны занимают примерно половину от общего количества всходов. Их густота на учетных площадках варьирует от 100 до 225, березы − от 8 до 100, осины – от 70 до 350 тыс. шт./га. В составе будущего подроста, таким образом, сосна может занимать 50 %.

Значительно отличаются результаты на пятой трансекте. На данном участке выявлено наибольшее количество всходов березы. Будущий состав подроста – 9Б1С+Ос.

Уже спустя год после пожаров можно констатировать, что количество всходов березы на гарях в сравнении с лабораторными исследованиями семенного материала значительно меньше. Количество всходов сосны на участках гарей с наличием живых крон достаточно

Таблица 1

Показатели естественного возобновления на гарях 2010 года в ТЛУ A_2

Номер трансекты	Состав древостоя и интенсивность пожара	Порода	Кол-во всходов березы, тыс. шт. /га (данные лабораторных исследований)	Количество всходов, тыс. шт./га (полевые исследования 2011 г)
1	9С1Б низовой сильный	С	-	0
		Б	1900	30
		Ос	-	700
2	9С1Б низовой слабый	С	-	225
		Б	34600	35
		Ос	-	175
3	9С1Б низовой средний	С	-	370
		Б	52100	100
		Ос	-	350
4	9С1Б низовой средний	С	-	100
		Б	2400	8
		Ос	-	70
5	9С1Б низовой средний	С	-	1,8
		Б	600	18
		Ос	-	0,9

для успешного естественного восстановления сосняков (при условии их сохранности до возраста 3-х лет). В дальнейшем можно ожидать, что в условиях свежих боров не потребуется даже рубок ухода за составом, поскольку береза и осина не будут серьезными конкурентами сосне.

Разработка товарных горельников с наличием живых деревьев сосны должна проводиться технологиями с сохранением подроста. Это позволит сохранить появляющиеся всходы между волоками.

Библиографический список

Тресцов, Б.И. Леса Марийской АССР и ликвидация лесных пожаров 1972 года // Проблемы ликвидации последствий лесных пожаров 1972 г. в Марийской АССР: сб. докладов и выступлений. — Йошкар-Ола: Марийское кн. изд-во, 1976. − С. 5-14.

УДК 504.064:628.4

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И ТЕРРИТОРИЯХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К НИМ

А. Р. Григорьева
Марийский государственный технический университет

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY OF THE COMPLEX ENVIRONMENT IN LANDFILLS AND AREAS ADJACENT TO THEM

A. R. Grigoreva
Mari State Technical University

В настоящее время в России особую актуальность приобрела проблема загрязнения окружающей среды (ОС) в окрестностях объектов размещения отходов. Основной и наименее затратный путь утилизации твердых бытовых и промышленных отходов в нашей стране – их

захоронение на специально отведенных полигонах. Однако для окружающей среды этот способ далеко не самый безвредный.

Полигон отходов можно назвать «неподвижным реактором», в котором в результате взаимодействия отходов и воды атмосферных осадков образуются фильтрат, биогаз и остаточная масса отходов. Исследования последних десятилетий показали, что многие полигоны не отвечают природоохранным и санитарным требованиям. Это обуславливает острую необходимость организации мониторинга состояния окружающей среды в районах объектов размещения отходов. В первую очередь это касается почв, поскольку именно почвы выполняют важнейшие экологические функции по сохранению биологического разнообразия, обеспечению устойчивого функционирования биогеоценозов и биосферы в целом.

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 санитарно-защитная зона полигонов и участков компостирования отходов ограничивается окружностью радиусом 500 м и может корректироваться с учетом преобладающего направления распространения биогаза по воздуху. Однако распространение фильтрата по близлежащим водотокам может распространяться на большие расстояния. В связи с этим актуальна проблема выделения зон реального воздействия и потенциальной экологической опасности полигонов ТБО для окружающей среды.

На современном этапе развития прикладной экологии большую проблему представляет обоснование выбора информативных экологических показателей в целях организации мониторинга и экологического нормирования почв и других компонентов ОС.

Цель работы − разработать методический комплекс для оценки качества окружающей среды на полигонах ТБО и территориях, прилегающих к ним.

Задачи:

1) дать экологическую оценку состояния почв и других компонентов окружающей среды вблизи объекта размещения отходов на полигонах ТБО Республики Марий Эл.

2) проанализировать выбор мест существующих полигонов ТБО по геологическим, гидрологическим и социальным параметрам на территории республики. Предложить альтернативные места размещения для полигонов, не отвечающих требованиям и нормам.

3) оценить экологическое состояние почв, поверхностных вод и донных отложений в зоне влияния полигона твердых бытовых отходов по данным химического анализа;

4) выявить пространственную и временную динамику уровней загрязнения в изучаемых компонентах окружающей среды;

5) исследовать почвы сопредельной с полигоном ТБО территории методами биоиндикации и биотестирования;

6) осуществить поиск биоиндикаторов антропогенного воздействия на различных уровнях организации живой материи.

Научная новизна работы. Впервые для оценки экологического состояния объектов окружающей среды в зонах размещения полигонов ТБО предлагается использовать комплексный подход, основанный на сочетании химико-аналитических исследований, биоиндикации и биотестирования. Для этого определяется набор структурных и функциональных параметров, которые принадлежат различным уровням организации живого мира. Начиная с одноклеточного уровня (почвенная микробиота) и заканчивая высшими организмами, например растениями, идет поиск информативных показателей для мониторинга состояния окружающей среды вокруг изучаемого объекта.

Практическая значимость работы. Полученные данные могут способствовать коррекции санитарно-защитной зоны полигонов, усовершенствованию схемы интегральной биотической оценки качества окружающей среды в зоне деятельности ОРО и принятию управленческих решений о необходимости проведения рекультивационных и восстановительных мероприятий.

Методы исследования. Оценка стабильности биологических систем любого уровня крайне необходима, особенно для определения степени антропогенного воздействия. Традиционные методы, оценивающие химические и физические показатели, не дают комплексного представления о воздействии на биологическую систему, тогда как биоиндикационные показатели отражают реакцию организма на всё многообразие действующих на него факторов, имея при этом биологический смысл.

Биоиндикация. Растения как продуценты экосистемы в течение всей жизни привязанные к локальной территории и подверженные влиянию двух сред − почвенной и воздушной, наиболее полно отражают весь комплекс стрессирующих воздействий на систему. В качестве модельного объекта выбрана береза повислая, или бородавчатая (Betula pendula Roth.), у которой проведен анализ величины флуктуирующей асимметрии, характеризующей мелкие ненаправленные нарушения стабильности развития и являющейся интегральным ответом организма на состояние окружающей среды.

В дальнейшем планируется поиск растений, удобных для анализа величины флуктуирующей асимметрии, способных быстро реагировать на загрязнение окружающей среды.

Для биотестирования почв и вод применялись стандартные методики, основанные на тест-реакциях организмов разной таксономической принадлежности: бактерий (ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.8-04), простейших (ФР.1.39.2006.02506; ПНД Ф Т 14.1:2:3.13-06), ракообразных (ФР.1.39.2007.03222) и высших растений.

Также планируется провести анализ всех существующих полигонов ТБО на территории Республики Марий Эл по геологическим, гидрологическим и социальным параметрам, предложить альтернативные места размещения, на которых влияние полигонов на окружающую среду будет минимально. На основе всех полученных результатов следует создать единую базу данных и карту для полигонов республики.

УДК 612.67:616-006:616.6

УРОВЕНЬ ОНКОМАРКЕРА ПРОСТАТСПЕЦИФИЧЕСКОГО АНТИГЕНА СРЕДИ МУЖЧИН ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

С. Н. Стробыкина, Л. Б. Киселева
Марийский государственный технический университет

TUMOR MARKERS PSA LEVELS A MONG MEN IN THE ELDERLY AND SENILE AGE

S. N. Strobykina, L. B. Kiseleva.
Mari State Technical University

Рак предстательной железы – одно из распространенных онкологических заболеваний у мужчин – стоит на втором месте по уровню смертности, обусловленной раком. Рак предстательной железы редко встречается в возрасте до 50 лет, но его частота, также как и смерт-

ность от этого заболевания, неуклонно увеличиваются с возрастом и достигают максимума на девятом десятке лет жизни [4].

В России в 1999 году в структуре онкологической заболеваемости рак предстательной железы находится на 4-м ранговом месте после рака легкого, желудка и кожи. Анализ статистики рака простаты с 1990 по 1999 свидетельствует, что за указанный период произошло практически двукратное увеличение общего числа наблюдаемых больных. Статистический показатель заболеваемости раком предстательной железы за 10 лет вырос с 8,3 до 12,9, т.е. на 55,4 %, заняв по величине второе место. Современные возможности позволяют выявить заболевание на ранних стадиях, однако более чем у 50-70 % больных на момент диагностики обнаруживают 3-4-ю стадии заболевания [6].

Целью настоящего исследования является изучение частоты встречаемости онкологии предстательной железы у мужчин старческого возраста, проживающих в разных районах Республики Марий Эл.

Задачи исследования следующие:

1) установить физиологический уровень простатспецифического антигена ПСА в сыворотке крови здоровых мужчин указанной возрастной группы в городе Йошкар-Оле, Моркинском, Звениговском, Юринском и Килемарском районах;

2) определить значение исследуемого онкологического показателя крови у лиц со злокачественной опухолью предстательной железы в вышеуказанных районах Республики Марий Эл;

3) исследовать частоту встречаемости злокачественной опухоли предстательной железы среди населения различных районов Республики Марий Эл и города Йошкар-Олы, проанализировать зависимость частоты исследуемого заболевания от места проживания.

На ранних стадиях развития рак предстательной железы протекает бессимптомно, диагноз часто ставится случайно при ректальном обследовании других заболеваний, в основном при подозрении на доброкачественную гиперплазию простаты. Основным направлением, позволяющим добиться уменьшения смертности от рака предстательной железы, является раннее выявление рака. Это связано с идентификацией маркера рака простаты, получившего название простатспецифического антигена (ПСА), и отработкой методов скрининга и раннего выявления рака предстательной железы. Участившееся использование ПСА привело к появлению бóльшего числа операбельных форм рака предстательной железы. Тем не менее, количество больных местно-распространенным и метастатическим раком предстательной железы остается весьма значительным [10,2].

В течение последних 20 лет были достигнуты значительные успехи в области раннего выявления РПЖ. Обнаружение ПСА и широкое внедрение определения этого маркера у населения, а также разработка и усовершенствование методики систематической трансректальной биопсии привело к существенному сдвигу распределения по стадиям при первичном выявлении в сторону локализованных форм РПЖ, где существует возможность применения радикальных методов лечения.

Определение уровня ПСА сыворотки крови позволяет диагностировать заболевание на 5-7 лет раньше, что дает шанс на излечение. Выявление физиологической нормы у мужчин разного возраста, характерного для региона проживания, позволяет значительно уменьшить диапазон нормального уровня соединения, а следовательно, более корректно интерпретировать полученные результаты [1].

В настоящем исследовании проведен анализ онкозаболеваемости раком предстательной железы среди мужского населения Республики Марий Эл за период с 2009 по 2010 гг. с учетом места проживания и возраста. В соответствии с целью и задачами работы, анализировали значение уровня ПСА в сыворотке крови обследуемых мужчин. Концентрация данного антигена в сыворотке крови указывает на наличие или отсутствие в предстательной железе опухолевого процесса, а также степень его развития. Обработку полученного фактического материала проводили с учетом места проживания пациента, его возраста и наличия или отсутствия онкопатологии предстательной железы

При проведении сравнительного анализа заболеваемости между обозначенными группами лиц использовали следующие показатели: концентрация онкомаркера ПСА у обследованных мужчин, процентное соотношение мужчин с нормальным и повышенным уровнем ПСА в сыворотке крови, а также частота встречаемости опухоли предстательной железы среди населения изучаемых районов.

В ходе выполнения работы установлены физиологические нормы концентрации ПСА в сыворотке крови у мужчин старше 75 лет, проживающих в разных районах Республики Марий Эл. Согласно полученным данным, у мужчин старше 75 лет, проживающих в различных районах Республики Марий Эл, физиологический уровень антигена ПСА значимо не отличается и находится в диапазоне 1,38 – 2,03 нгхмл$^{-1}$

Установленный диапазон значений ПСА у мужчин старше 75 лет существенно ниже физиологической нормы, рекомендуемой при трактовке полученных анализов: концентрацию ПСА в сыворотке крови до 7,0 нг/мл в диагностической практике принято считать физиологической. Согласно данным других авторов [3,12], которые проводили аналогичные исследования в возрастном аспекте, физиологической нормой у лиц старше 60 лет считается уровень ПСА от 5,5 до 6,0 нгхмл$^{-1}$. Согласно проведенным нами исследованиям, величина данного показателя у мужчин этой возрастной категории существенно ниже. Вероятно, одним из факторов, определяющих концентрацию ПСА, может быть район проживания.

Использование в практике более узкого диапазона нормы позволяет проводить более корректную трактовку полученных результатов и способствует более раннему выявлению патологических сдвигов.

При исследовании закономерностей изменения величины изучаемого показателя при развитии опухолевого процесса в предстательной железе получены результаты, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Концентрация антигена ПСА в сыворотке крови у мужчин старше 75 лет с диагнозом опухоль предстательной железы, проживающих в различных районах Республики Марий Эл (нгхмл$^{-1}$, M±m).

Район проживания	**Нгхмл$^{-1}$, M±m**
Йошкар-Ола	18,402± 1,085
Моркинский район	17,780 ± 1,885
Звениговский район	12,085 ± 2,502
Юринский район	10,766 ± 1,890
Килемарский район	5,100 ± 0,500 *

Концентрация ПСА в сыворотке крови мужчин с диагнозом опухоль предстательной железы у жителей различных районов почти в 4 раза ниже и статистически значимо отличается от остальных изучаемых нами районов (P<0,01)

Согласно приведенным данным, наиболее значимо изменяется уровень ПСА при развитии опухолевого процесса в предстательной железе у мужчин, проживающих в городе Йошкар-Оле. Так, у здоровой части мужчин города среднее значение показателя 2,03 нгхмл$^{-1}$, а у больных с диагнозом РПЖ – 18,40; т.е. величина показателя отличается в 9 раз (табл. 2).

Таблица 2

Уровень ПСА в сыворотке крови здоровых мужчин и мужчин с диагнозом опухоль предстательной железы, проживающих в различных районах Республики Марий Эл

Район	Состояние здоровья	
	Здоровые	Больные
Йошкар-Ола	2,025 ±0,061	18,402 ± 1,085 **
Моркинский район	2,180± 0,130	17,780 ± 1,885 **
Звениговский район	2,203 ± 0,164	12,085 ± 2,502 *
Юринский район	1,442 ± 0,137	10,766 ± 1,890 *
Килемарский район	1,382 ± 0,139	5,100 ±0,500 **

Примечания: * значимая разница при P<0,05.
** значимая разница при P<0,01.

Аналогичный сравнительный анализ в других изучаемых районах выявил следующие закономерности. У здоровых мужчин, проживающих в Моркинском районе, среднее значение ПСА 2,48 нгхмл$^{-1}$, а у больных с диагнозом рак предстательной железы 17,78; т.е. величины показателя отличаются в 8 раз. В Звениговском районе у здоровых мужчин среднее значение показателя равняется 2,22 нгхмл$^{-1}$, а у больных – 12,08; т.е. величины показателя отличаются в 5,5 раза. Средние показатели ПСА у здоровых мужчин, проживающих в Юринском районе, составляют 1,44 нгхмл$^{-1}$, а у мужчин с диагнозом рак предстательной железы − 10,76; т.е. величины показателя отличаются в 7,5 раза. У здоровых мужчин, проживающих в Килемарском районе, среднее значение показателя 1,38 нгхмл$^{-1}$, а у больных с диагнозом РПЖ – 5,10; отличие величин показателя составляет в 3,6 раза.

При изучении процентного соотношения здоровых и больных мужчин среди обследуемых лиц получены данные, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Процентное соотношение здоровых и больных мужчин среди обследуемого контингента (P± mp)

Район проживания	**Состояние здоровья**	P±mp
Йошкар-Ола	Здоровые	89,4± 1,07
	Больные	10,6 ±1,07
Моркинский район	Здоровые	86,3± 3,27
	Больные	13,7± 3,27
Звениговский район	Здоровые	91,0 ± 3,49
	Больные	9,0± 3,49
Юринский район	Здоровые	94,9 ± 2,86
	Больные	5,1 ±2,86
Килемарский район	Здоровые	93,6 ±4,39
	Больные	6,4 ±4,39

Согласно полученным результатам, у мужчин в Моркинском районе заболевания предстательной железы встречаются чаще, чем среди обследованных мужчин, проживающих в других районах. Множественные сравнения частоты онкологической заболеваемости мужчин в различных районах Республики Марий Эл показало отсутствие значимой разницы между процентом больных раком предстательной железы. На наш взгляд, это обеспечивается достаточно высоким значением средней ошибки среднего значения.

Выводы. У мужчин старше 75 лет, проживающих в разных районах Республики Марий Эл, физиологический уровень ПСА в крови не зависит от места проживания и составляет 1,38 -2,20 нг/мл.

При развитии опухолевого процесса в предстательной железе уровень ПСА в сыворотке крови мужчин старше 75 лет увеличивается в 5-9 раз.

При использовании биохимических методов анализа с целью диагностики рака предстательной железы у мужчин старше 75 лет следует учитывать значение показателя концентрации ПСА, характерное для мужчин данного возраста.

Среди обследованных мужчин наибольший процент заболеваемости раком предстательной железы отмечается в Моркинском районе, наименьший − в Килемарском. Остальные районы в порядке уменьшения расположились следующим образом: город Йошкар-Ола, Звениговский и Юринский районы.

Библиографический список

1. *Безруков, Е.М.* Новое в диагностике и лечении РПЖ / Е.М.Безруков // Врач. − 2006. − № 6. − С. 44-46.
2. *Блохин, Н.Н.* Клиническая онкология / Н.Н. Блохин, Б.Е. Петерсон. − М.: Наука, 1979. – 262 с.
3. *Воложин, А.И.* Патофизиология: учебник для высш. учеб. заведений: в 3 т. / А.И. Воложин, Г.В. Порядина. – М: Издательский центр «Академия», 2006.
4. *Ганцев, Ш.Х.* Онкология: учебник для студентов медицинских вузов. / Ш.Х.Ганцев. − 2-е изд., испр. и доп. – М.: ООО «Мед. информ. агентство», 2006. − 488 с.
5. *Журавчик, А.С.* Современные возможности диагностики рака предстательной железы / А.С. Журавчик // Практическая медицина. − 1998. − № 1-2. − С. 81-87.
6. *Коган, М.И.* Сравнительный анализ диагностических методов при первичном обследовании больных раком предстательной железы / М.И.Коган, Т.П.Якимчук, А.В.Шишков // Урология и нефрология. − 1999. − № 3. − С. 38-41.
7. *Литвицкий, П.Ф.* Патофизиология: учебник: в 2 т. / П.Ф.Литвицкий. − 2-е изд., испр. и. доп. – М: ГЭОТАР – МЕД, 2003.
8. *Лоран, О.Б.* Лечение РПЖ у пожилых людей / О.Б.Лоран, Б.А.Томкевич // Клиническая геронтология. − 2005. − № 3. − С. 21-23.
9. *Мороз, Б.Б.* Актуальные проблемы патофизиологии / Б.Б.Мороз. – М.: Медицина 2001. − 422 с.
10. Патология: руководство / под ред. М.А. Пальцева, В.С. Паукова, Э.Г. Улумбекова. – М.: ГЭОТАР – МЕД, 2002. − 960 с.
11. *Пауков, В.С.* Патология: учебник / В.С. Пауков, П.Ф. Литвицкий. – М: Медицина, 2004. – 400 с.
12. *Фербер, Я.И.* Онкологическая заболеваемость городского и сельского населения Республики Марий Эл в зависимости от пола и возраста: выпускная квалификационная работа, июнь 2005 / Я.И. Фербер. – Йошкар-Ола, 2005. − 75 с.

В оглавление

Научное издание

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ

Материалы международного научно-практического семинара

2-3 сентября 2011 г.

Редакторы *Л. С. Емельянова, Л. С. Журавлева, П. Г. Павловская*
Компьютерная верстка *С. А. Лежнин*

Подписано к использованию 01.09.11
Объём 11,1 Мб
№ госрегистрации: 0321103033

Марийский государственный технический университет
424000 Йошкар-Ола, пл.Ленина, 3

Центр устойчивого управления лесами
424000 Йошкар-Ола, пл.Ленина, 3