

Вестник Московского
государственного
университета леса

Лесной вестник

ISSN 1727-3749

2009 № 3 (66)

- *Сравнительная оценка углерододепонирующей и кислородопродуцирующей функций дубравы и ветляника*
- *Определение объема выборки для государственной инвентаризации лесов России*
- *О неоднородности почвенных гелей*
- *Определение оптимальных параметров древесно-стружечных плит в мебельных конструкциях*
- *Оптимизация процесса осмоления крупноразмерной древесной стружки*
- *Вопросы независимости пороговых равновероятных булевых функций*
- *Применение ГИС-технологий и методов экспертного анализа для расстановки постов биомониторинга*
- *Состояние развития лесопильного производства в России*
- *Формирование маркетинга инфраструктурной деятельности на сельских территориях*



СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Абагуров А.В.	<i>Морфологические особенности лиственницы курильской (<i>Larix kurilensis</i> ssp. <i>Glabra</i> dyl) на вертикальном пределе ее распространения в горах Камчатки</i>	4
Камышова Л.В., Кулагин А.А.	<i>Экологические особенности естественного возобновления сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) под пологом леса в условиях Бузулукского бора</i>	9
Кекишева Ю.Е., Наквасина Е.Н.	<i>Биогеохимическая дифференциация ельников средней подзоны тайги</i>	15
Наквасина Е.Н., Пономарев П.А.	<i>Приживаемость и рост сосны обыкновенной II класса возраста в географических культурах Архангельской области</i>	21
Прокошева К.Ю.	<i>Влияние рекреационного воздействия на компоненты лесного фитоценоза на территории Удмуртии</i>	25
Сурсо М.В.	<i>Пыльцевой режим в хвойных насаждениях севера</i>	33
Полянская Т.А.	<i>Состояние ценопопуляций <i>Oxalis acetosella</i> L. в национальном парке «Марий Чодра»</i>	38
Горобец А.И., Таранков В.И., Сизых В.Н.	<i>Сравнительная оценка углерододепонирующей и кислородопroduцирующей функций дубравы и ветляника</i>	43
Тибуков А.В.	<i>Формирование леса после сплошной рубки агрегатной техникой в ельнике черничном</i>	48
Шматова Л.М., Анищенко Л.Н., Самошкин Е.Н.	<i>Бриоиндикационная оценка состояния компонентов среды вблизи объекта хранения химического оружия (ОХХО) Брянской области</i>	53
Чернобровкина Н.П., Дорофеева О.С., Робонен Е.В.	<i>Аминокислотный состав хвои семян сосны обыкновенной в связи с обеспеченностью бором</i>	56
Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А.	<i>Особенности накопления загрязняющих веществ в хвое сосны обыкновенной</i>	62
Филипчук А.Н., Хлюстов Д.В., Чадин Г.Н.	<i>Определение объема выборки для государственной инвентаризации лесов России</i>	64
Федотов Г.Н., Быстрова О.Н., Мартынкина Е.А., Путляев В.И., Шалаев В.С.	<i>О неоднородности почвенных гелей</i>	66

Деревообработка

Титунин А.А.	<i>Методологический подход к оценке эффективности использования древесных ресурсов</i>	74
Тулузаков Д.В., Лапшин Ю.Г., Родионов А.И.	<i>Определение оптимальных параметров древесно-стружечных плит в мебельных конструкциях</i>	80

Химические технологии

Рябков В.М., Скотников Е.С., Смирнов Д.С., Лапин А.С.	<i>Оптимизация процесса осмоления крупноразмерной древесной стружки</i>	82
Грачев А.Н., Семенов Ю.П., Николаев А.Н., Кашапов Н.Ф., Макаров А.А.	<i>Применение процесса быстрого абляционного пиролиза древесных отходов для выработки жидкого биотоплива</i>	88

Лесоинженерное дело

Афоничев Д.Н.	<i>Размещение лесовозного уса на лесосеке</i>	92
Кондрашова Е.В.	<i>Оптимизация проектных решений при вариантном проектировании лесовозных автомобильных дорог и организации движения на них</i>	94
Курьянов В.К., Допперт В.А.	<i>Основные параметры катков при уплотнении дорожных одежд нежесткого типа</i>	100
Павлов А.И., Вдовин С.Л.	<i>Аварийный автоматический отсечный клапан гидроприводов лесных машин</i>	103
Алябьев А.Ф.	<i>Модель взаимодействия двугранного клина с почвой при свободном резании</i>	106
Шегельман И.Р., Кузнецов А.В., Скрыпник В.И.	<i>Анализ эффективности лесотранспортных машин с использованием спутниковых радионавигационных систем (СРНС)</i>	112

Математическое моделирование

Бурделев А.В.	<i>Вопросы независимости пороговых равновероятных булевых функций</i>	116
Ильющенко И.С.	<i>Интегральный метод калибровки параметров датчика угловой скорости</i>	119
Алексеев В.В., Исаев В.М.	<i>Интегральная оценка точности преобразователей угол–параметр–код и их основных составных частей</i>	121
Антошина М.В., Антошина И.В.	<i>Об оценке качества инженерных графических редакторов</i>	126
Борисов А.А., Исаев В.М.	<i>О некоторых подходах к оценке надежности сложной электронной компонентной базы нового поколения</i>	130
Облакова А.В., Трегуб А.В., Трегуб И.В.	<i>Математическая модель динамики абонентов сотового оператора</i>	135
Царев А.Г.	<i>О сборе пользовательских данных в системе персонализации интернет-магазина</i>	141
Янников И.М., Телегина М.В.	<i>Применение ГИС-технологий и методов экспертного анализа для расстановки постов биомониторинга</i>	146

Экономика

Бугаков В.М., Петровский В.С.	<i>Прогноз эффективности рекламы в экономике предприятий производства мебели</i>	153
Кожемяко Н.П.	<i>Что позволяет стратегия развития лесного комплекса России до 2020 года сегодня и что делать дальше?</i>	158
Порфирьева Е.В.	<i>Рыночные стратегии развития отраслей регионального лесного сектора</i>	161
Порфирьева Е.В.	<i>Инновационное развитие бизнес-процессов в лесном секторе Алтайского края на базе нового лесного кодекса</i>	164
Кожемяко Н.П., Кожухов Н.И.	<i>Состояние развития лесопильного производства в России</i>	168
Войтюк М.М.	<i>Формирование маркетинга инфраструктурной деятельности на сельских территориях</i>	173
Закиров А.И., Шлыков С.С.	<i>О проблемах малоэтажного жилищного строительства</i>	179
Котиков Д.В.	<i>Мировой финансовый кризис: что угрожает лесному сектору России?</i>	181
Казновская Л.Н.	<i>Оценка вероятности кризисной ситуации методами нечеткого прогнозирования</i>	184
Казновская Л.Н.	<i>Оценка эффективности управления предприятием</i>	186

Материалы для обсуждения

Меркушев И.М.	<i>Режимы бездефектной сушки пиломатериалов, координированные по их текущей влажности</i>	189
---------------	---	-----

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТВЕННИЦЫ
КУРИЛЬСКОЙ (*LARIX KURILENSIS* SSP. *GLABRA* DYL)
НА ВЕРТИКАЛЬНОМ ПРЕДЕЛЕ ЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
В ГОРАХ КАМЧАТКИ**

А.В. АБАТУРОВ, *с. н. с. Института лесоведения РАН, канд. с.-х. наук*

root@ilan.msk.ru

Лиственница Курильская распространена в центральной части полуострова Камчатка, где по сведениям А.Л. Биркенгофа [1, 2] и сводке [3] образует хорошо выраженный пояс лиственничных лесов до высоты 300 м над уровнем моря, однако фактически поднимается и выше. В поясе каменно-березников, вплоть до его верхней границы (800–1000 м над уровнем моря), она еще формирует сомкнутые древостои. Выше, в поясе ольховых и кедровых стлаников, она встречается небольшими группами или одиночными экземплярами. Вблизи верхней границы пояса стлаников (1200–1300 м н.у.м.) отдельно стоящие деревья лиственницы невысокие (5–6 м), сильно сбежистые, часто встречаются простертые (стелющиеся) формы. Лиственница здесь семеносит и дает всхожие семена. Все это, а также другие наши материалы и опубликованные данные ряда авторов [4–11 и др.] позволяют считать вертикальным пределом распространения лиственницы в горах Камчатки верхнюю границу пояса стлаников. Единичные экземпляры лиственницы встречаются и выше, в поясе горных тундр и альпийских лугов, но позиции ее здесь пока не ясны. Таким образом, есть необходимость внести уточнения в схему вертикальных поясов растительности в центральной части Камчатки.

Простертые и стелющиеся формы у деревьев на вертикальной (или широтной) границе распространения неоднократно отмечены у многих видов [7, 12] и в том числе у лиственницы даурской в Забайкалье [13], у лиственницы сибирской на Тазовском полуострове [14] и на Алтае [15], у лиственницы Каяндера в Магаданской области [16], на Чукотке [17], у лиственницы японской в Японии [18], на реке Оленек [19] и в других местах, а также в целом для лиственницы европейской и даурской [20, 21]. На Камчатке

простертая форма лиственницы на верхнем пределе своего распространения впервые описана Н.Е. Кабановым [4] по сведениям Д.Ф. Ефремова.

Указания на существование простертых форм лиственницы не сопровождаются описанием их морфологического строения. В лучшем случае авторы упоминают факт образования придаточных корней и укоренение ветвей, что признается типичным для ряда видов лиственницы [22–25]. Более подробно морфология простертых форм лиственницы даурской показана в [8]. Образование придаточных корней и отводков из веток у лиственницы курильской на Камчатке показал Д.Ф. Ефремов [19]. Аналогичную картину образования придаточных корней отмечал Н.Е. Кабанов [20] на перевеваемых песках в долине «сухой» речки Пахча.

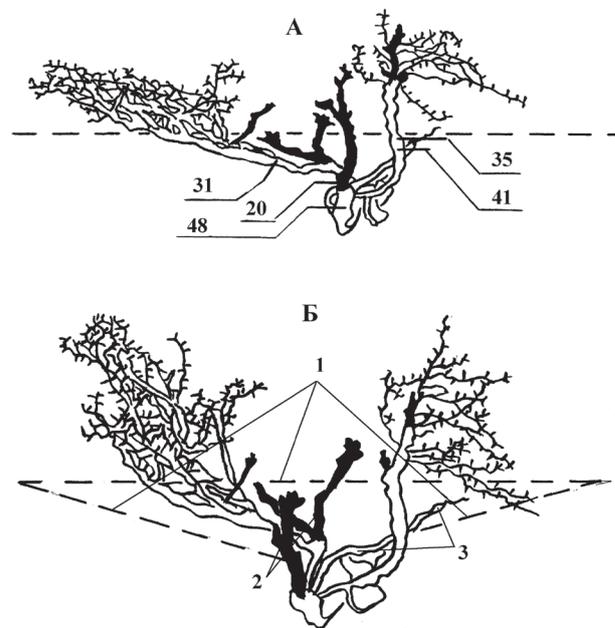


Рис. 1. Строение стелющегося экземпляра лиственницы: А – вид спереди; Б – аксонометрия (масштаб: 1:10). 1 – уровень напочвенного покрова; 2 – отмершие части; 3 – часть главного корня. Цифрами обозначен возраст (лет) в месте сечения ствола или ветви

Мы изучали строение стелющихся форм лиственницы на Камчатке в наиболее суровых условиях произрастания – на верхней границе распространения в районах современного горного оледенения (юго-западные склоны сопки Плоской и Толбачика). Образование стелющейся формы здесь начинается по выходе обычно прямостоящего стволика молодой лиственницы из-под защиты элементов микрорельефа или напочвенного покрова. Под действием ветров с их многообразным влиянием и потоков холодного воздуха с высокогорий главный или замещающие его побеги погибают. Боковые побеги продолжают расти и сильно ветвятся, образуя плотную подушку. Часть побегов второго-третьего порядков ветвления поднимаются косо вверх. Под их защитой получают возможность расти вверх, хотя и очень медленно, другие вертикальные побеги.

Характерной особенностью развития лиственницы в это время является наличие как стелющихся побегов, образовавшихся из боковых ветвей, так и прямостоящих, что хорошо видно на рис. 1. Изображенный на нем

экземпляр лиственницы рос на высоте 1200 м н.у.м. среди горнотундровой растительности на пологом склоне западной экспозиции в микропонижении глубиной 15–20 см на мелкой щебнистой почве. Общая высота этого экземпляра лиственницы от корневой шейки 35 см, возраст – 48 лет при диаметре 25 мм (на рисунке показан возраст побегов разных порядков ветвления в пяти сечениях). Главный корень в виде шнура толщиной 5–7 мм и длиной 4,5 м тянулся вверх по склону непосредственно под моховым покровом, иногда углубляясь до 5 см в почву. Он имел несколько ответвлений и массу тонких корешков по всей длине. Большая часть лиственницы скрыта во мху. Сверху остаются лишь побеги второго и третьего порядков ветвления боковой ветви и верхняя часть засохших, а также живого вертикального побега. На боковой стелющейся ветви (отходит влево) до начала ее ветвления расположены белые сосущие корешки разной толщины. Диаметр ее по мере удаления от материнского экземпляра сначала увеличивается. Возраст в наиболее толстой части 31 год при диаметре 1,2 см.



Рис. 2. Шпалерная форма лиственницы



Рис. 3. Группа деревьев лиственницы с общей корневой системой

Здесь же встречаются и большие по размеру экземпляры лиственницы такого же строения. Они могут иметь несколько прямостоящих стволиков высотой до 1,5 м, расположенных по одной прямой на расстоянии 0,5–1,0 м друг от друга, благодаря чему форма всего экземпляра уже более похожа на шпалеру (рис. 2). Размер всего экземпляра (в плане) может достигать 2–3 м по длинной оси. Самый большой диаметр прямостоящего стволика у обследованных нами подобных экземпляров составил 13 см (у поверхности почвы, высота ствола 1,5 м). При очень медленном росте по диаметру это говорит о возможности длительного существования лиственницы такой жизненной формы. Среди подобных растений часты и семеносящие экземпляры.

Прямостоящие побеги у лиственниц простертой формы начинают более энергично расти вверх в ряде случаев: 1) по выходе из зоны действия неблагоприятных факторов среды (в результате протекания эрозионных процессов, изменяющих микро- и мезорельеф, а следовательно, и микроклимат); 2) с повышением жизнестойкости, благодаря увеличению фотосинтезирующей и корневой системы. В ходе дальнейшего развития с обновлением корневой системы и формированием новых вертикальных побегов здесь может образоваться группа деревьев высотой до 5–6 м (максимальной для данных условий произрастания). Большой интерес при этом представляет строение подземной части такой группы.

На рис. 3 показан вид спереди и на рис. 4 общая корневая система (вид в пла-

не) группы лиственниц из 22 живых и сухих стволов различного возраста, размера и развития. Кроны их сомкнуты. Площадь проективного покрытия 10 м² (4×2,5 м). Деревья, расположенные по периферии группы на расстоянии 1–1,5 м друг от друга (10 шт. высотой 3–6 м), развиты лучше, все они семеносят. В центре группы почва покрыта толстым (до 10–15 см) слоем полуразложившегося опада, перемешанного с вулканическим пеплом. Глубже идет слой светлосерого пепла (толщиной 5–7 см) и темно-бурый торфянистый погребенный горизонт. Непосредственно под этой группой лиственниц на глубине 50 см 30 августа 1968 г. начиналась мерзлая почва. В направлении к периферии группы глубина залегания мерзлоты заметно увеличивалась, и под основаниями крайних экземпляров она была уже на 5–10 см глубже.

В ходе проведенных нами раскопок были обнаружены три уровня корневой системы, последовательно соединенные направленными косо вверх ответвлениями. Верхний и средний уровни представлены одной–двумя скелетными осями с характерными ломаными линиями протяжения. Самый нижний (на рис. 2 залит черным), частью полусгнивший, по строению похож на ветвящийся боковой побег. Непосредственно от скелетных корней среднего и верхнего уровней на всем их протяжении отходят короткие белые корешки толщиной 2–5 мм 15–20 см длиной и многочисленные еще более тонкие (менее 1 мм) белые корешки, а также небольшие сравнительно толстые ответвления, заканчивающиеся вертикальными придаточными побегами, из которых и образовались указанные выше 10 стволиков лиственницы.

По-видимому, развитие данной группы шло за счет нарастания в длину скелетных осей, выполняющих роль стержневых корней, и образования на их ответвлениях вертикальных придаточных побегов, похожих по своему строению на корнеотпрысковые отводки или придаточные побеги у лиственных пород [26, 27]. Зачатки такой организации видны уже на рис. 1, где развитие единого экземпляра лиственницы шло одновременно за счет отводков (живых и погибших теперь уже вертикальных побегов) и нарастания и укоренения простертого бокового побега.

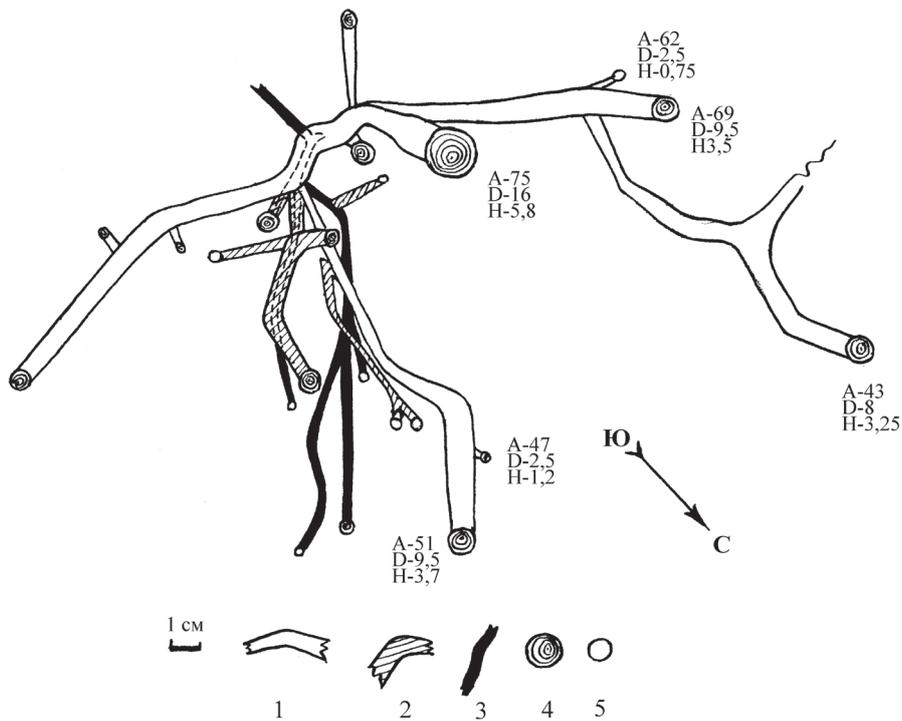


Рис. 4. Схема строения корневой системы группы лиственниц (вид сверху). Масштаб 1:20. Скелетные оси корневой системы: 1 – верхнего уровня развития, 2 – среднего, 3 – нижнего. Срез ствола на уровне корневой шейки: 4 – живого, 5 – сухого ствола. А – возраст дерева (лет), Д – диаметр дерева у корневой шейки (см), Н – высота дерева (м)

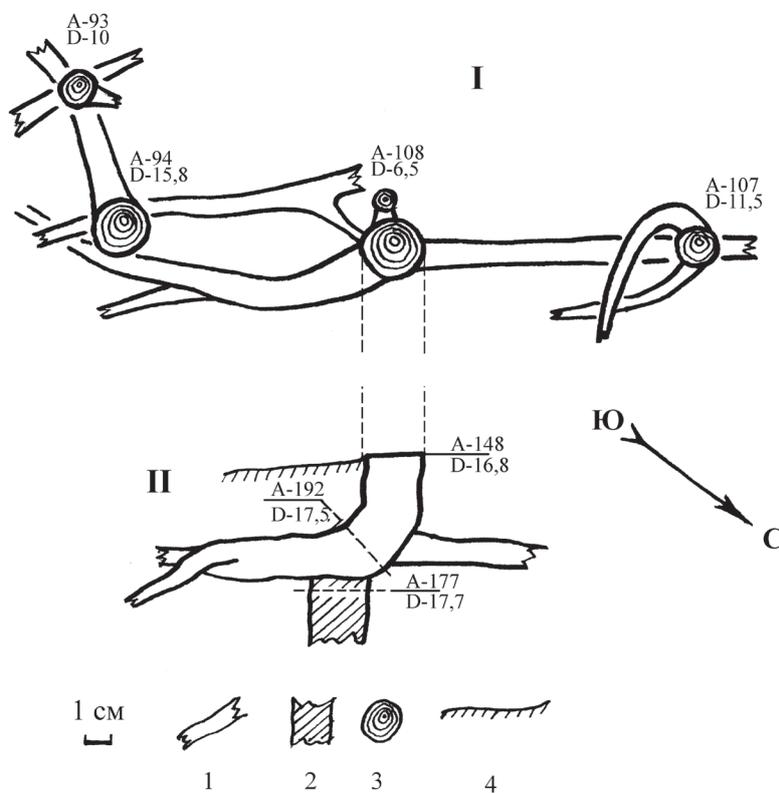


Рис. 5. Строение скелетных осей корневой системы группы лиственниц: I – вид сверху; II – вид спереди. 1 – живой корень, 2 – отмерший корень, 3 – срез ствола на уровне корневой шейки (уровне почвы). А – возраст ствола (лет), Д – диаметр ствола у корневой шейки (см). Масштаб 1:20

Самый нижний уровень корневой системы расположен на глубине 35–45 см от нынешнего уровня дневной поверхности почвы. Ответвления от скелетных осей здесь заканчиваются засохшими уже или ослабленными плохо развитыми приземистыми (высотой не более 1 м) деревьями лиственницы. Вся группа в тот период развития была ориентирована поперек склона в направлении ЮЗ-СВ.

Средний уровень расположен на глубине 20–25 см, ориентирован в том же направлении и представлен двумя скелетными осями толщиной до 5 см. Все ответвления от них заканчиваются живыми, но ослабленными деревьями с разреженной кроной и высотой до двух метров.

Верхний уровень расположен на глубине 10–15 см в нижнем слое опада и субстрате. Он имеет одно значительное ответвление в направлении, совпадающем с нижними ярусами. Основная скелетная ось, от которой отходит большинство живых и хорошо развитых стволов, направлена уже вдоль склона. В северном конце она имеет ответвление значительной толщины и с заметным сбегом, уходящее вниз по склону. Стволики лиственницы, отходящие от этой оси, хорошо развиты. Высота их 2,5–6,0 м, возраст 40–75 лет. Они имеют конусовидную крону, густое охвоение, большинство из них семеносит. По мере старения главной скелетной оси и образования у некоторых стволиков придаточных корней непосредственная связь деревьев в куртине может нарушиться. Но они еще долго сохраняют характерную черту строения – горизонтально расположенный корень, переходящий в вертикально растущий побег с искривлением у основания ствола. Очевидно, такая динамика возможна в том случае, если на горизонтальных корнях периодически закладываются придаточные почки.

Часть корневой системы этой группы лиственниц показана на рис. 5 (в плане – (I) и на виде спереди – (II)). Два дерева в южном углу группы здесь уже имеют самостоятельные корневые системы, три других еще соединены между собой. Мерзлый горизонт почвы под основанием наиболее старого дерева 30 августа 1967 г. находился на глубине 35–40 см. Возраст деревьев 100–200 лет, высота 5–6 м. Признаков старения – суховершинность, сухие

ветви в кроне, слабое охвоение – еще не заметно. Возможно, здесь играет роль отмеченное И.Г. Серебряковым замедление старения дерева при обновлении (или дополнении) корневой системы придаточными корнями [26].

Способность лиственницы, произрастающей на Камчатке, образовывать корни и отводки из придаточных почек, явление, широко распространенное в горной лесотундре, встречается и в равнинной части Центральной Камчатской депрессии (на болотах, перевеваемых песках «сухих речек» и т.д.). Это позволило лиственнице пережить экстремальные условия последнего оледенения, когда Камчатка и Чукотка были покрыты ледником, а в регионе исследований горно-тундровая растительность отмечена по берегам р. Камчатки [28]. Отсюда лиственница, обладая описанными морфологическими особенностями, могла подняться вслед за отступающим ледником в горы и сформировать на границе с гольцовым поясом верхний предел распространения древесной растительности, находящейся сегодня выше пояса кедровых и ольховых стлаников. Эта же способность, присущая в разной степени многим нашим основным лесообразующим породам, возможно, помогала им выжить (сохраниться) в рефугиумах в периоды оледенений.

Таким образом, лиственница на Камчатке на вертикальном пределе распространения, сохраняя способность семеношения, переходит к вегетативному размножению, образуя клоны, успешно противостоящие неблагоприятным факторам среды.

Библиографический список

1. Биркенгоф, А.Л. Леса центральной части полуострова Камчатки / А.Л. Биркенгоф. – М.: Изд-во АН СССР, 1938. – 220 с.
2. Комаров, В.Л. Избранные сочинения, Т. 6, 7, 8 / В.Л. Комаров. М.-Л.: изд-во АН СССР, 1958. – 527 с.
3. Станюкович, Н.В. Растительность гор СССР / Н.В. Станюкович. – Душанбе: «Дониш», 1973. – 411 с.
4. Кабанов, Н.Е. Типы лиственничных лесов Камчатки. Леса Камчатки и их лесохозяйственное значение / Н.Е. Кабанов. – М.: АН СССР, 1963. – С. 12–125.
5. Елагин, И.Н. Первые итоги лесокультурных работ в долине р. Камчатки / И.Н. Елагин // СО АН СССР Труды комиссии по охране природы. – Вып. 1. – 1962. – С. 61–70.

6. Турков, В.Г. Леса полуострова Камчатки, их естественное возобновление и хозяйство в них: автореферат / В.Г. Турков. – Красноярск, 1964. – 24 с.
7. Рассохина, Л.И. Место и роль лиственницы в фитоценозах на верхней границе леса в Восточном горновулканическом районе Камчатки / Л.И. Рассохина, А.Т. Науменко // Девятое всесезонное совещание по изучению, использованию и охране растительного мира высокогорий: Тез. докл. – 1985. – С. 101–102.
8. Абатуров, А.В. Лесоводственные свойства лиственницы курильской. Камчатская лесная опытная станция / А.В. Абатуров // Петропавловск-Камчатский, 1976. – С. 3–5.
9. Ефремов, Д.Ф. Корневые системы лиственницы курильской на Камчатке / Д.Ф. Ефремов // Изв. СО АН СССР. Сер. биол.-мед. – 1964. – № 8. – Вып. 2. – С. 48–56.
10. Остроумов, А.Г. Лиственница в долине реки Сторож. Вопросы географии Камчатки / А.Г. Остроумов. – Петропавловск-Камчатский, 1966. – Вып. 4. – С. 139.
11. Ефремов, Д.Ф. Рост и развитие корневых систем лиственницы курильской на Камчатке. Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов / Д.Ф. Ефремов. Хабаровск, 1976. – С. 157–159.
12. Васильев, Н.Г. Об экологической пластичности лиственницы в экстремальных условиях местобитания. Биологические ресурсы суши севера Дальнего Востока / Н.Г. Васильев, Л.А. Ивлиев. – Владивосток, 1971. – С. 199–203.
13. Сукачев, В.Н. Растительность верхней части бассейна р. Тунгира Олекминского окр. Якутской обл. / В.Н. Сукачев. – СПб, 1912.
14. Крючков, В.В. Роль морфологии ландшафтов в безлесии тундры Тазовского полуострова / В.В. Крючков // Изв. Всесоюзн. географ. общ. – 1970. – Т. 102. – Вып. 6.
15. Крылов, Г.В. Леса Западной Сибири / Г.В. Крылов // СО АН СССР. Биолог инт. – 255 с.
16. Стариков, Г.Ф. Леса Магаданской области / Г.Ф. Стариков. – Магадан, 1958. – 130 с.
17. Дьяконов, П.Н. Леса Чукотки / П.Н. Дьяконов, Г.Ф. Стариков. – Магадан, 1955. – 154 с.
18. Дылис, Н.В. Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока / Н.В. Дылис. – М.: АН СССР, 1961. – 210 с.
19. Юрцев, Б.А. Ботанико-географические наблюдения у северного предела распространения лиственницы на р. Оленек / Б.А. Юрцев // Проблемы ботаники. – VI. – 1962. – С. 208–218.
20. Шиманюк, А.П. Дендрология / А.П. Шиманюк. – М.: Лесная пром-сть, 1967. – 331 с.
21. Воробьев, Д.П. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока / Д.П. Воробьев. – Л., 1968. – 277 с.
22. Тимофеев, В.П. Лесоводство / В.П. Тимофеев, И.В. Дыдис. – Сельхозиздат, 1953. – 552 с.
23. Возяков, Г.С. К биологии и экологии лиственницы Сукачева на Среднем Урале: автореферат / Г.С. Возяков. – Свердловск, 1967.
24. Кабанов, Н.Е. Зарастание песков, «сухих» речек в Центральной Камчатке / Н.Е. Кабанов // Изв. Сиб. отд. АН СССР. – 1964. – № 12. – С. 64–70.
25. Ефремов, Д.Ф. Образование придаточной корневой системы у лиственницы курильской в условиях центральной части полуострова Камчатки: сб. трудов. ДальНИИЛХ, Вып. 7 / Д.Ф. Ефремов. – Хабаровск, 1965. – С. 474–482.
26. Серебряков, И.Г. Экологическая морфология растений: учеб. пособие для вузов / И.Г. Серебряков. – М.: Высшая школа, 1962. – 223 с.
27. Вехов, Н.К. Вегетативное размножение кустарниковых и древесных растений / Н.К. Вехов. – М., 1932. – 96 с.
28. Диков, Н.Н. Древние костры Камчатки и Чукотки / Н.Н. Диков. – Магаданское книжное издательство, 1969. – С. 252.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ БУЗУЛУКСКОГО БОРА

Л.В. КАМЫШОВА, *с. н. с. ФГУ ВНИИЛМ Татарская лесная опытная станция, канд. биол. наук*,
А.А. КУЛАГИН, *проф. Института биологии УНЦ РАН, д-р биол. наук*

borlos@rambler.ru, kulagin-aa@mail.ru

Бузулукский бор находится в северной части Степного Заволжья на территории Самарской и Оренбургской областей и относится к подзоне разнотравно-злаковых степей. Он является одним из уцелевших островков сосновых боров, располагавшихся по правому берегу реки Самары и, возможно, входив-

ших в древности в один обширный лесной массив [1].

Многие лесоводы, работавшие в бору, отмечали наличие самосева сосны практически во всех типах леса и указывали на возможность его использования для возобновления леса. Г.Ф. Морозов, ознакомившись с лесо-

растительными условиями и естественным возобновлением сосны в бору, выделил среди сосняков 4–5 основных типов насаждений, которые, по его мнению, должны различаться по способам рубок главного пользования и восстановления леса [2]. В то время как на крутых высоких дюнах естественное возобновление сосны затруднено, на пологих дюнах почти везде имеется ее подрост (или его легко вызвать), и им следует обязательно воспользоваться для возобновления, которое с таким трудом происходит в бору. Он предложил сосняки Бузулукского бора разделить на две группы: насаждения с возможным естественным возобновлением сосны после рубки, притом не столько путем содействия искусственному появлению самосева, сколько использованием имеющегося подроста, и насаждения, в которых на естественное возобновление сосны под пологом нет надежды.

По рекомендациям первой Бузулукской научной экспедиции 1927 г. сосновые насаждения бора, как и предлагал Г.Ф. Морозов, были разделены на два хозяйства: первое – с наличием естественного возобновления под пологом древостоя, второе – в сложных и ложно-травяных сосняках с необходимостью закладки после их рубки лесных культур сосны [3].

В современных условиях, так же как и в предшествующие годы, жесткие лесорастительные условия степной зоны во многом затрудняют процессы естественного лесовозобновления. Однако его значение в лесообразовательном процессе на территории Бузулукского бора нельзя недооценивать.

Естественное возобновление подпологового подроста древесных растений в условиях Бузулукского бора изучали на пробных площадях, заложенных по общепринятым методикам [4, 5]. Для этих целей под пологом насаждений сосны обыкновенной, в период с 2000 по 2008 гг. на территории Бузулукского бора было заложено 52 пробных площади и проведены комплексные работы по учету состава, количества, возраста, высоты и генезиса подроста. На пробных площадях было проведено детальное геоботаническое описание с выявлением флористического состава всех ярусов растительного сообщества. Флористический состав и проективное покрытие травя-

ной растительности определяли на пятидесяти учетных площадках размером 1×1 м, расположенных по диагонали пробной площади.

В сосняках травяной и сложной групп типов леса развитию всходов сосны мешают травянистая растительность и подлесок. Для спелых и перестойных сосняков Бузулукского бора это подтверждается обобщенными данными лесоустройства 2002 г. (табл. 1).

Из данных табл. 1 следует, что доля насаждений с наличием подроста сосны, за исключением сосняков лишайниковых, уменьшается с улучшением лесорастительных условий, способствующих развитию травяного покрова. Для мшистых сосняков она равна в среднем 80,3 %, для сложных – только 23,9 %. Однако по действующим нормам имеющегося под пологом древостоев подроста чаще всего недостаточно для образования нового поколения леса. Доля насаждений с количеством подроста сосны, соответствующим норме обеспеченного (полного) восстановления леса, равна в среднем всего 0,8 % и за исключением мшистых сосняков склонов дюн (СМС) мало различается по типам леса. Доля насаждений с неполной обеспеченностью подростом и требующих дополнения его с помощью специальных мер содействия естественному лесовозобновлению или закладки частичных лесных культур, уже закономерно зависит от типа лесорастительных условий – чем они беднее и хуже условия для развития трав и подлеска, тем она больше. Если для насаждений лишайниковой группы, занимающих площадь 6,6 га, доля насаждений с неполной обеспеченностью подростом равна 46,2 %, то для сложных сосняков при их площади 64,9 га – в среднем только 1,5 %. Наибольшая доля сосняков с неполным возобновлением сосны отмечается для мшистых сосняков склонов дюн – 25,7 %, и пологих всхолмлений и равнин – 18,1 %, а для травяных сосняков – в припойменных – 7,9 %. В целом площадь спелых и перестойных сосняков Бузулукского бора с хозяйственно значимым для восстановления леса количеством подроста составляет всего 1415,5 га, или 9,9 % от их общей площади. Большинство сосняков (91,0 %) по оценке лесоустройства имеет подроста менее 50 % от нормы, обеспечивающей полное восстановления леса.

Т а б л и ц а 1

Особенности предварительного возобновления сосны под пологом спелых и перестойных сосняков Бузулукского бора (га/ %) (по данным лесоустройства 2002 г.)

Группы типов леса	Всего спелых и перестойных сосняков, га	В том числе с подростом, га/%		Обеспеченность лесовосстановления, % от нормы		
		всех пород	сосны	достаточная, 80 и >	недостаточная, 50–79	неудовлетворительная, < 50
Лишайниковая	<u>14,3</u> 100	<u>6,6</u> 46,1	–	–	<u>6,6</u> 46,1	<u>7,7</u> 53,8
Мшистая	<u>9543,6</u> 100	<u>7810,5</u> 81,8	<u>7663,0</u> 80,3	<u>77,8</u> 0,8	<u>1169,3</u> 12,3	<u>8296,5</u> 86,9
Ложно-травяная	<u>1809,0</u> 100	<u>939,6</u> 51,9	<u>925,7</u> 51,2	<u>8,2</u> 0,4	<u>40,8</u> 2,3	<u>1760,0</u> 97,3
Сложная	<u>4338,2</u> 100	<u>1035,7</u> 23,9	<u>1035,7</u> 23,9	<u>47,9</u> 1,1	<u>64,9</u> 1,5	<u>4225,4</u> 97,4
Итого	<u>15705,1</u> 100	<u>9792,4</u> 62,3	<u>9624,4</u> 61,3	<u>133,9</u> 0,8	<u>1281,6</u> 8,2	<u>14289,6</u> 91,0

Т а б л и ц а 2

Особенности естественного возобновления сосны под пологом спелых и перестойных сосняков мшистой группы типов леса (данные 2005–2008 гг.)

№№ пр. пл.	Полнота насаждений	Количество, тыс. шт./га			Средняя для подроста	
		всходов	самосева	подроста	высота, м	категория жизнеспособности
Сосняки мшистые склонов дюн, В ₁ -В ₂						
3	0,7	13,1	1,0	3,6	1,4	1,8
8	0,7	6,6	0,7	1,4	2,8	1,9
10	0,7	13,0	1,0	3,3	1,7	1,9
Среднее	0,7	10,9	0,9	2,8	1,8	1,9
Сосняки травяно-мшистые пологих всхолмлений, В ₃						
1	0,6	11,7	11,9	11,8	1,6	1,6
2	0,5	17,9	1,1	3,1	1,8	1,8
4	0,6	7,6	0,2	2,6	2,0	2,0
9	0,6	11,9	11,6	12,0	1,7	1,6
11	0,5	17,5	1,2	2,7	1,7	1,8
Среднее	0,6	13,3	5,2	6,4	1,8	1,8
Сосняки травяно-мшистые дюн с березой, В ₂						
7	0,7	7,6	1,0	1,1	2,3	2,1
12	0,7	7,6	0,8	1,2	2,4	1,8
13	0,7	7,3	1,0	2,2	2,3	1,8
Среднее	0,7	7,5	0,9	1,5	2,3	1,8
Сосняки мшистые пологих всхолмлений и равнин, В ₂						
5	0,7	14,6	2,1	2,5	1,7	1,5
6	0,5	7,8	0,7	4,6	2,6	2,0
Среднее	0,6	11,2	1,4	3,6	2,2	1,8

С целью детализации структуры естественного возобновления сосны и определения его жизненного состояния проведены дополнительные исследования преимущественно в сосняках мшистой группы типов леса, в которых естественное возобновление сосны по обеспеченности имеет наибольшее хозяйственное значение. Анализ полученных

данных подтвердил выводы ученых в работах прежних лет о хорошем возобновлении сосны в первые 1–2 года после урожая семян под пологом плодоносящих насаждений (табл. 2). Наиболее успешное возобновление сосны установлено в сосняках со слабым развитием травяного покрова и тенеобразующего подлеска из бересклета, крушины, ильма

и других древесно-кустарниковых пород на сухих и свежих песчаных почвах с типами лесорастительных условий B_1-B_2 и A_1-A_2 . В прошлом сосна обычно хорошо возобновлялась после низовых пожаров, уничтожавших слой напочвенной подстилки, моховой покров, конкурентную травянистую растительность и подлесок. Но основная масса всходов под пологом древостоев в первые 1–2 года погибает из-за летней сухости почвы, затенения верхним пологом или повреждений грибными болезнями и вредными насекомыми. По данным Н.А. Воронкова, влажность почвы для завядания сосны в бору составляет для песчаных почв 1,2–1,5 %, супесчаных – 2,0–2,5 %. Пересыхание почвы начинается обычно с верхнего горизонта и отражается в первую очередь на всходах, у которых корни развиваются на глубину 10–15 см [6]. Для усыхания подрост сосны пересохший слой почвы должен быть намного мощнее, что по сравнению с верхним слоем происходит реже. Единичный подрост сосны встречается уже в культурах 50-летнего возраста и старше в слабо затененных «окнах» и на северной границе участков.

Как видно из данных табл. 2, в указанные годы в наиболее благоприятных для возобновления среднеполнотных мшистых сосняках пологих всхолмлений и равнин среднее количество всходов 1–2-летнего возраста составило 12,7 (от 7,6 до 17,9) тыс. шт./га, 3–5-летнего самосева – 4,1 (от 0,2 до 11,9) тыс. шт./га, а подрост сосны в возрасте 6 лет и старше – от 2,5 до 11,8 тыс. шт./га. В сосняках на склонах дюн (тип лесорастительных условий B_1-B_2) среднее количество всходов, самосева и подрост было меньше – соответственно, 10,9, 0,9 и 2,8 тыс. шт./га.

Из-за мощного развития под пологом леса трав и тенеобразующих кустарников и значительной полноты древостоя (0,7) установлено худшее возобновление сосны в травяно-мшистых сосняках дюн с березой (тип лесорастительных условий B_2). Среднее количество всходов для них составило 7,5 тыс. шт./га, самосева – 0,9, подрост в возрасте 6 лет и старше – 1,5 тыс. шт./га, что недостаточно для обеспеченного восстановления леса. В данных табл. 2 количество са-

мосева на пробных площадях в несколько раз меньше, чем всходов, а подрост превышает количество самосева из-за более длительного срока его роста. Средние показатели высоты подрост заметно выше (на 0,5 м) для травяно-мшистых сосняков на дюнах с березой из-за лучших условий произрастания, а средняя категория подрост по жизнеспособности для обследованных типов леса практически одинакова.

В травяном сосняке пологих всхолмлений (СТВ) со свежими супесчаными почвами весной также появляется много всходов, но они быстро погибают от сорной растительности. Выживают и образуют подрост только единичные сосенки, находящиеся при этом в неблагонадежном состоянии. В 2004 г. в данном типе леса учитывали возобновление сосны на двух участках. Полнота древостоя в обоих случаях была равна 0,8, подлесок средней густоты. Но на первом участке он был из бересклета и раkitника, а на втором – из бересклета, крушины и ильма. На первом участке в составе возобновления учтено 8,6 тыс. шт./га всходов и самосева и 1,5 тыс. шт./га подрост. При этом подрост был преимущественно мелкий, высотой до 0,5 м, 2-й категории жизнеспособности (табл. 3). Доля среднего подрост по высоте составила 16,7 %, крупного – 14,7 %. Среди среднего преобладал подрост 3-й категории жизнеспособности (сомнительный) и только среди крупного подрост, высотой 4,5 м и более, было больше растений 1-й категории жизнеспособности.

На втором участке под пологом насаждения – 8С(90)2С(160)+Б(50лет), полнотой 0,8, запасом 510 м³/га в условиях произрастания C_2 с наличием подлеска средней густоты из тенеобразующих кустарников, самосев и подрост сосны полностью отсутствовали.

В травяном сосняке понижений (СПП) со свежими почвами всходов сосны появляется также много, но жизнеспособный подрост из них, в целом редкий, появляется только в «окнах» древостоя. Еще меньше встречается подрост главной породы в сосняке припойменном (СТП) с влажными (C_3) почвами. Еще В.Н. Сукачев (1931) отмечал, что возобновление сосны в нем не всегда удовлетворительно из-за развития травяного покрова и подлеска.

Возобновление сосны под пологом высокополнотного травяного сосняка пологих всхолмлений (СТВ) (по данным учетов 2004–2008 гг.).

Характеристика древостоя и подлеска	Количество растений сосны, тыс. шт./га						
	всходов и самосева	подроста	распределение подроста по категориям жизнеспособности и группам по высоте				Итого
			категории жизнеспособ.	до 0,5 м	0,5–1,5 м	4,5 м и >	
6С(90)2С(140)2Б(70) полнота 0,8, 490 м ³ /га, С ₂ подлесок средней густоты: раkitник, бересклет	8,6	1,5	1	0,29	0,07	0,15	0,57
			2	0,48	0,07	0,07	0,62
			3	0,26	0,11	–	0,37
			Итого	1,03	0,25	0,22	1,50

Средние показатели жизнеспособного подроста сосны под пологом спелых и перестойных сосняков Бузулукского бора (по данным учетов 2004–2008 гг.).

Типы леса и условий произрастания	Годы учета	Число участков	Высота, м	Количество, тыс. шт./га			
				всего	в том числе по категориям жизнеспособности		
					1	2	3
Сосняк мшистый склонов дюн (СМС), А ₁ , В ₁ -В ₂	2004	3	1,5(0,7–2,0)	1,5(0,5–2,2)	0,5	0,4	0,6
	2005	3	2,0(1,4–2,8)	2,8(1,4–3,6)	1,2	0,9	0,7
	Среднее	6	1,8(0,7–2,8)	2,2(0,5–3,6)	0,8	0,7	0,7
Сосняк мшистый пологих всхолмлений и равнин (СМР), А ₁ -А ₂ , В ₁	2002	3	2,7(2,0–3,2)	1,7(1,1–2,3)	0,4	0,7	0,6
	2003	4	4,5(0,7–8,3)	7,4(0,1–27,2)	2,0	3,2	2,2
	2005	1	1,7	2,5	1,6	0,4	0,5
Среднее	8	3,5(0,7–8,3)	4,6(0,1–27,2)	1,4	1,9	1,3	
Сосняк травяно-мшистый пологих всхолмлений (СТМ), В ₂	2003	3	4,9(3,3–7,8)	3,0(0,2–5,0)	0,8	0,8	1,4
	2004	4	2,0(1,3–2,8)	1,1(0,4–1,7)	0,5	0,3	0,3
	2005	5	1,8(1,6–2,0)	6,4(2,6–12,0)	3,0	2,5	0,9
	Среднее	12	2,6(1,3–7,8)	3,8(0,2–12,0)	1,6	1,4	0,8
Сосняк травяно-мшистый дюн с березой (СМБ), В ₂	2003	1	2,8	7,7	0,8	2,1	4,8
	2004	3	0,4(до 0,7)	1,4(0–2,2)	0,8	0,4	0,2
	2005	3	2,3(2,3–2,4)	1,5(1,1–2,2)	0,6	0,5	0,4
	Среднее	7	1,4(до 2,4)	2,3(0–7,7)	0,7	0,7	0,9
Итого для сосняков мшистых		33	2,5(0–8,3)	3,3(0–27,2)	1,2	1,2	0,9
Сосняк травяной пологих всхолмлений (СТВ), С ₂	2004	1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1
Сосняк липовый (СЛП), С ₂	2004	1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1

Примечание. В скобках указана минимальная и максимальная величина показателей

Обобщенные данные исследований естественного возобновления сосны под пологом спелых и перестойных сосняков с разными типами леса на 36 участках представлены в табл. 4. Полнота насаждений преимущественно 0,6–0,7, реже 0,8, на отдельных участках 0,5. Данные объединены по годам проведения исследований, так как они обычно различаются по сложившимся погодным условиям. Как видно из данных табл. 4, для мшистых сосняков средние показатели

количества и высоты подроста сосны сначала увеличиваются с повышением влажности почвы, а затем в смешанных сосняках с примесью березы снижаются из-за препятствий для роста самосева и подроста со стороны более сильно развивающейся травянистой растительности.

В среднем количество перспективного подроста 1–3 категорий жизнеспособности для мшистых сосняков составило 3,3 (от 0 до 27,2) тыс. шт./га при его средней высоте

2,5 (до 8,3) м. Под пологом сосняков травяных (СТВ) и сложного с липой (СЛП) количество подроста незначительно – соответственно, 0,8 и 0,4 тыс. шт./га, и он имеет небольшую среднюю высоту – 0,6 и 0,3 м. Распределение подроста по категориям жизнеспособности по типам леса, за исключением травяно-мшистого пологих всхолмлений (СТВ), существенно не различается, для отдельных типов леса преобладает доля подроста первой и второй категорий жизнеспособности и немного меньше них доля подроста третьей категории, что говорит об ухудшенных условиях произрастания в сосняках данных типов леса. Тогда как на участках травяно-мшистых сосняков пологих всхолмлений (СТМ) доля подроста первой категории жизнеспособности (1,6 тыс. шт./га) является преобладающей и в 2 раза превышает количество подроста третьей категории жизнеспособности (0,8 тыс. шт./га), подтверждая сравнительно благоприятные в них условия для роста подроста. Данные табл. 4, таким образом, подтверждают ранее сделанные выводы и мнение других ученых о наилучших условиях для предварительного возобновления сосны под пологом среднеполнотных спелых и перестойных насаждений мшистой группы типов леса. Особенно благоприятны среди других типов леса условия для возобновления сосны в мшистых сосняках пологих всхолмлений и равнин, для которых установлены наибольшие показатели количества подроста и его средней высоты.

При подавлении развития травянистой растительности возобновление сосны возможно даже во влажном (С₃) типе леса сосняк припойменный. Так, жизнеспособный подрост в количестве 2,6 и 4,3 тыс. шт./га от соседних стен леса появился на двух участках под пологом распадающихся 60-летних культур тополя бальзамического и канадского в пойме р. Боровки. Снижение полноты перестойных насаждений из-за отпада деревьев ведет к увеличению развития трав и подлеска под пологом, что ухудшает возобновление сосны.

При снижении полноты молодняков увеличивается вероятность их повреждения вредными насекомыми. Крупный и средний подрост, особенно в «окнах», может заметно повреждаться также лосями. Так, в 2004 г. на

двух участках в Боровом лесничестве (кв. 237 и 46) доля поврежденного лосями подроста составила 89,7 и 32,0 %. Вследствие скусывания вершинки значительная часть среднего по высоте подроста превратилась в мелкий, высотой до 0,5 м. После неоднократного скусывания вершинки подрост сосны становится неперспективным для образования будущего насаждения и даже часто полностью усыхает.

Мшистые и ложно-травяные сосняки Бузулукского бора способны к естественному возобновлению. Большое количество всходов и самосева сосны погибает в первые годы жизни: на участках с высокой сомкнутостью из-за недостатка света и тепла, на низкополнотных участках – из-за избытка солнечной энергии и конкуренции с травянистой растительностью. Причинами слабой жизнеспособности значительной части соснового подроста являются: а) длительное нахождение в тени материнского полога; б) низкое качество семян, образуемых перестойными деревьями; в) действие патогенов и вредителей. Наиболее успешное возобновление сосны установлено в мшистых сосняках со слабым развитием травяного покрова и тенеобразующего подлеска на сухих и свежих песчаных почвах с типами лесорастительных условий В₁–В₂ и А₁–А₂

В лесных культурах сосны более успешное возобновление отмечено в мшистых типах леса, где подрост встречается на 65 % обследованных участков, тогда как в ложно-травяных сосняках подрост отмечен лишь на 34,4 % участков. Чаще подрост встречается в культурах 30–50 лет и практически отсутствует в более молодых. Установлена слабая и отрицательная связь между количеством подроста и полнотой культур. Подрост приурочен к опушкам, «окнам» и прогалинам, возникшим в результате действия корневой губки. Максимальное количество подроста сосны учтено в «окнах» диаметром 15–20 м. Показано, что в искусственных насаждениях в условиях мшистых и ложно-травяных сосняков Бузулукского бора имеется значительный потенциал для успешного естественного возобновления сосны, который можно использовать при реконструкции культур, пораженных корневой губкой.

Таким образом, естественное возобновление сосны достаточно эффективно идет

в среднеполнотных мшистых борах и вполне возможно при благоприятных погодных условиях и ослаблении конкуренции с травянистой растительностью в ложно-травяных.

Работа выполнена в рамках исследований, поддержанных РФФИ – грант №08-04-97017.

Библиографический список

1. Писаренко, А.И. Искусственные леса. – Ч. 2 / А.И. Писаренко, Г.И. Редько, М.Д. Мерзленко. – М.: Изд-во ЮНИФИР совместно с ВНИИЦлесресурс, 1992. – С. 22–40.
2. Морозов, Г.Ф. Типы лесных насаждений: лекции / Г.Ф. Морозов. – СПб. 1914. – 129 с.
3. Сукачев, В.Н. Типы леса Бузулукского бора. Труды Бузулукской экспедиции. – Ч. 1 / В.Н. Сукачев. – Л., 1931. – С. 109–243.
4. Сукачев, В.Н. Методические указания к изучению типов леса / В.Н. Сукачев, С.В. Зонн, Г.П. Мотовилов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 115 с.
5. Сукачев, В.Н. Программа и методика биогеоценологических исследований / В.Н. Сукачев. – М.: Наука, 1966. – 333 с.
6. Воронков, Н.А. Лесорастительные условия и гидрология Бузулукского бора / Н.А. Воронков // Сборник «Лесоводственные исследования в Бузулукском бору». – Оренбург, 1974. – 27 с.

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЕЛЬНИКОВ СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ

Ю.Е. КЕКИШЕВА, *асп. каф. ботаники и общей экологии Поморского ГУ им. М.В. Ломоносова*,
Е.Н. НАКВАСИНА, *проф. каф. лесоводства и почвоведения АГТУ, д-р с.-х. наук*

nakvasina@agtu.ru

Проблема экологической дифференциации растительных видов и экосистем и приуроченности их к определенным субстратам представляет интерес для экологов. На территории одного региона конкретные флоры сосудистых растений обнаруживают заметные различия в зависимости от географического положения, особенностей рельефа, принадлежности к тому или иному речному бассейну.

Существует взаимосвязь растительности и с геохимическими особенностями почвообразующих пород. Исследования, доказывающие зависимость видовой разнообразия растительности в ценозах, сформировавшихся на различных коренных породах, проводились на территории Карелии и довольно обширно на территории Полярного Урала [Разнообразие почв ..., 2006; 1, 4, 8]. Установлено, что на карбонатных массивах Полярного Урала происходит увеличение видовой разнообразия по сравнению с ультраосновными и кислыми горными породами, изменение таксономической структуры на уровне семейств: усиление роли одних и ослабление роли других [1].

Плесецкий район, где проводились наши исследования, расположен в центре

Архангельской области, это самый крупный район области, относящийся к подзоне средней тайги. В строении его местности принимают участие коренные породы различного возраста: осадки четвертичной системы, покрывающие территорию района почти сплошным плащом, и известняки каменноугольного периода, залегающие на различной глубине от поверхности. Близкое залегание известняков обуславливает особенности в строении земной поверхности района. Там, где известняки залегают непосредственно под почвенным слоем, легко пропускающим атмосферные осадки, заметны следы карстового рельефа.

На четвертичной морене и на карбонатно-известковых отложениях произрастают ельники – преобладающие лесные формации района. Сравнительное изучение их ценотической и флористической структуры и явилось целью наших исследований.

Материал и методика. Основой для работы послужили 56 геоботанических описаний различных типов еловых лесов Плесецкого района, проводимые в течение 2004–2008 гг. Пробные площади подбирались с учетом сходства ельников по всем условиям экотопа (влажность, освещенность), но произрастающих на разных почвообразующих породах.

Геоботанические описания проводились согласно общепринятой методике [6], на каждой пробной площади описывалось состояние всех основных ярусов растительности, а также почвы [7]. Флористический состав сосудистых растений исследованных нами ельников различных типов анализировали по отношению к увлажнению, освещению, почвенному богатству, а также по географической структуре [10, 11, 13].

Результаты и обсуждение. В процессе почвообразования коренные породы принимают прямое участие очень редко. Влияние их сказывается на составе отложений четвертичной системы, которые, являясь материнскими породами, в свою очередь оказывают влияние на формирование почв. На моренных отложениях Плесецкого района формируются подзолистые, дерново-подзолистые, подзолисто-болотные, болотные и пойменные почвы, характерные для средней подзоны тайги Архангельской области [12]. Локально распространены дерново-карбонатные почвы, развивающиеся на известковых отложениях и отличающиеся своими свойствами, по сравнению с кислыми и неплодородными зональными подзолистыми.

Под ельниками на участках с выходом карбонатно-известковых отложений формируются дерново-карбонатные или с типичными признаками подзолистых почв, несмотря на некоторую нейтрализацию кислотного гидролиза кальцием. Дерново-карбонатные почвы имеют маломощный профиль с хорошо диагностируемым горизонтом A_1 , с зернистой структурой и интенсивно черного цвета. Почвы отличаются повышенным содержанием перегноя (до 10–13 %). Они богаты общим легко гидролизуемым азотом, кальцием и магнием, имеют слабокислую, а в нижних горизонтах – слабощелочную реакцию среды. Отличаются богатством подвижных форм фосфора и калия. Подзолистые почвы на известковых отложениях, по сравнению с подзолистыми почвами на бескарбонатных породах, характеризуются хорошей дренированностью в связи с трещиноватостью известковых пород; меньшей кислотностью, закономерно снижающейся в нижних слоях почвенного профиля; сравнительно повышенной степенью

насыщенности основаниями и пониженной гидролитической кислотностью [2, 12].

В целом почвы на известняках имеют лучшие лесорастительные условия по сравнению с почвами, развивающимися на бескарбонатных породах. Корни деревьев, кустарничков и трав легко проникают вглубь почвы и используют для питания кальций и магний известняков.

Геохимические различия почв сказываются как на разнообразии растительности, приуроченной к ним, так и на формировании их комплексов, отраженных в типологическом и ассоциативном разнообразии. Так, установлено, что на территории района на бескарбонатных отложениях представлены все типы еловых лесов [5], а на карбонатно-известковых отложениях встречаются только ельники разнотравные и чернично-зеленомошные.

При сравнении однотипных ельников, произрастающих на различных почвообразующих породах, установлена их дифференциация по формирующимся ассоциациям в связи с различной геохимической основой.

В ельниках чернично-зеленомошных на бескарбонатной морене встречаются следующие ассоциации: 1) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Rosa acicularis* Lindl. – *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt + *Vaccinium myrtillus* L. – *Rhytidiadelphus triquetrus* Warnst. + *Dicranum scoparium* Hedw.; 2) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Sorbus aucuparia* L. – *Vaccinium myrtillus* L. – *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt; 3) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Rosa acicularis* Lindl. – *Vaccinium myrtillus* L. + *Vaccinium vitis-idaea* L. – *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. in B.S.G. .

На карбонатно-известковых отложениях спектр ассоциаций уже, а в близких ассоциациях имеются отличия по составляющим компонентам: 1) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Rosa acicularis* Lindl. – *Convallaria majalis* L. + *Vaccinium myrtillus* L. – *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.; 2) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Sorbus aucuparia* L. – *Rubus saxatilis* L. + *Vaccinium myrtillus* L. – *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

Ельники разнотравно-зеленомошные, сформированные на четвертичной морене, располагаются либо по берегам рек или в

Систематическое разнообразие ельников в связи с геохимической дифференциацией пород

Показатели	На карбонатно-известковых отложениях	На четвертичной морене
Число видов	73	96
Число родов	68	78
Число семейств	36	42
Отношение вид: семейство	2	2
Отношение род: семейство	2	2
Отношение вид: род	1	1

долинах лесных ручьев, либо на территориях, постепенно переходящих в заболоченные участки, в так называемой согре [9]. Они тянутся узкой полосой и произрастают на богатой (торфянисто-глеевой), сырой, даже мокрой почве, весной обычно заполняемой тальными водами, но обязательно с проточной водой. Ельники данного типа на карбонатно-известковых отложениях формируются на дренированных почвах, в их травяно-кустарничковом ярусе доминируют обычно несколько травянистых растений, присутствуют в небольшом количестве и *Vaccinium myrtillus* L. и *V. vitis – idaea* L., но с очень незначительным обилием.

В насаждениях ельников разнотравных на бескарбонатной морене были выделены следующие ассоциации: 1) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Sorbus aucuparia* L. – *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt – *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. + *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. in B.S.G.; 2) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Sorbus aucuparia* L. + *Rosa acicularis* Lindl. – *Atragene sibirica* L. – *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. + *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. in B.S.G.; 3) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Rubus idaeus* L. + *Sorbus aucuparia* L. – *Oxalis acetosella* L. + *Melampyrum pratense* L. + *Lerchenfeldia flexuosa* (L.) Schur – *Rhytidiadelphus triquetrus* Warnst. + *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

На древних карбонатно-известковых отложениях ассоциаций в данном типе леса выделено больше, и наблюдаются отличия в видовом составе доминантов травяно-кустарничкового яруса: 1) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Lonicera xylosteum* L. – *Rubus saxatilis* L. + *Convallaria majalis* L. – *Rhytidiadelphus triquetrus* Warnst.; 2) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Sorbus aucuparia* L. – *Rubus saxatilis* L. – *Rhytidiadelphus triquetrus* Warnst.; 3) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Sorbus aucuparia* L. + *Rosa acicularis* Lindl. – *Oxalis acetosella* L. + *Vaccinium vitis – idaea* L. + *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt – *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. in B.S.G. + *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.; 4) *Picea fennica* (Regel) Kom. – *Lonicera xylosteum* L. – *Rubus saxatilis* L. + *Lathyrus vernus* (L.) Bernh. – *Rhytidiadelphus triquetrus* Warnst.

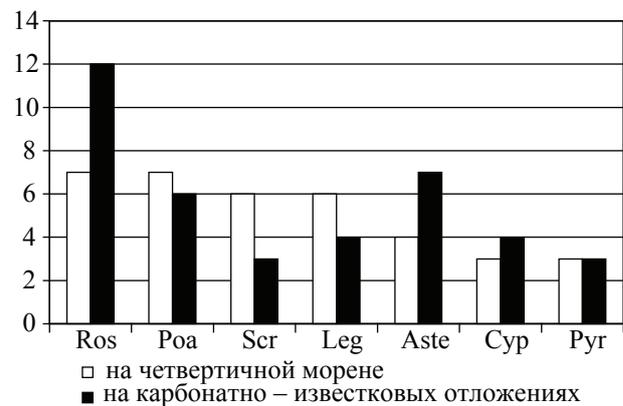


Рис. 1. Количество видов (%) в ведущих семействах растительных ассоциаций, формирующихся на карбонатных отложениях и на четвертичной морене. Ros – розоцветные, Poa – злаковые, Scr – норичниковые, Leg – бобовые, Aste – сложноцветные, Cyp – осоковые, Pyr – грушанковые

Систематическое разнообразие сосудистых растений ельников на карбонатных отложениях сужено (табл. 1), что связано с особенностью свойств почв, на которых они произрастают. Главным в сужении экологических ниш может быть реакция среды.

Флористические особенности ельников, сформированных на разных почвообразующих породах, показательно характеризуют ведущие семейства (рис. 1).

Геохимическая дифференциация почвообразующих пород влияет на разнообразие представленных семейств и на соотношение произрастающих видов. Число видов семейства розоцветных (*Rosaceae* Juss.) и сложноцветных (*Asteraceae* Dumort.) в сообществах, сформированных на карбонатно-известковых отложениях, выше, чем в ельниках, сформированных на моренных отложениях, тогда

как число видов семейств злаковых (*Poaceae* Barnh.), осоковых (*Cyperaceae* Juss.) отличается очень незначительно (на 1–2 %). В еловых лесах, произрастающих на участках с близким залеганием древних осадочных пород, к ведущим семействам добавляется семейство лилейных (*Liliaceae* Juss.), а на морене – семейство вересковых (*Ericaceae* L.).

Состав ведущих родов достаточно близок. Независимо от почвообразующих пород ведущими родами являются: *Carex* L., *Rubus* L., *Veronica* L., *Galium* L., *Vaccinium* L.

Наибольшие различия наблюдаются по видам сосудистых растений. В сообществах, сформированных на древних осадочных породах, присутствуют растения, которые не были нами встречены в сообществах на четвертичной морене. Для распространенных видов (с встречаемостью 20–80 %) рассчитали индикаторное значение вида – IVik, % [3]. Так, у *Convallaria majalis* L., произрастающего в ельниках, сформированных на карбонатно-известковых отложениях, индикаторное значение – 78 %. В ельниках на четвертичных отложениях наиболее высокое значение IVik у *Rubus chamaemorus* L., *Ledum palustre* L. (50 %). У других видов оно ниже: *Comarum palustre* L. – 43 %, *Listera ovata* (L.) R. Br. – 36 %.

Географический анализ флористического комплекса показал, что представленность различных широтных географических групп в ассоциациях в зависимости от геохимической дифференциации почвообразующих пород отличается незначительно (табл. 2). Этому способствует локальность чередования почв и пород в пределах одного района.

Представленность бореально-неморальных и неморальных видов в целом невысокая, что естественно для таежных лесов. Однако доля их несколько выше в сообщес-

твах на древних карбонатных породах, что вполне объясняется биогеохимическими свойствами сформированных на них почв.

Распределение видов исследованных сообществ по долготным географическим группам показало, что в ельниках, произрастающих на территории Плесецкого района, преобладают растения европейско-азиатской фракции, но в сообществах на четвертичной морене доля растений евразийского ареала меньше на 6 %, а доля растений европейского ареала почти одинакова. Значительные различия наблюдаются при сопоставлении данных по циркуммеридиональной фракции. В ассоциациях ельников на четвертичной морене число видов циркумполярного ареала почти в 2 раза, а циркумбореального – почти в 3 раза больше. В европейско-американской фракции мы выделили лишь группу растений евразийско-американского ареала, доля которых в 2 раза выше в сообществах на древних осадочных породах.

Среди жизненных форм во всех ельниках района, независимо от геохимических особенностей почвообразующих пород, преобладают травы (более 70 %), а среди них гемикриптофиты. Соотношение жизненных форм по Раункиеру практически одинаково в сообществах на осадочных породах и на морене (табл. 2.).

В соотношении жизненных форм значительных различий не наблюдается; на разных почвообразующих породах в ельниках среди трав преобладают многолетние вегетивноподвижные, а именно длиннокорневищные (*Equisetum sylvaticum* L., *Melica nutans* L., виды рода *Carex* L. и др.). Достаточно широко представлена группа древесных и полудревесных растений, включающая виды деревьев (5– 8 %), кустарников (12–17 %), кустарничков (5– 6 %), полукустарничков (1 %).

Т а б л и ц а 2

Распределение сосудистых растений по широтным географическим элементам в еловых лесах на разных почвообразующих породах

Ельники на различных почвообразующих породах	Количество видов по широтным географическим группам, %				
	Б*	БН	Н	ПЛЮ	ГА и АА
на четвертичной морене	82	8	4	6	0
на карбонатно-известковых отложениях	80	4	4	0	2

* Примечания: Б – бореальные, БН – бореально – неморальные, Н – неморальные, ПЛЮ – плюризональные, ГА – гипоарктические, АА – арктоальпийские

Распределение сосудистых растений (%) по жизненным формам в ельниках в зависимости от геохимической дифференциации пород

Жизненная форма	Количество видов в растительных сообществах, %	
	на карбонатно-известковых отложениях	на четвертичной морене
По Раункиеру:		
Гемикриптофиты	48	52
Криптофиты	22	19
Фанерофиты	19	19
Хамефиты	6	6
Терофиты	5	4
По Серебрякову:		
Длиннокорневищный	24	28
Короткокорневищный	24	19
Кустарник	12	17
Наземноползучий	5	5
Дерево	8	5
Кустарничек	5	6
Рыхлодерновинный	4	3
Плотнодерновинный	1	1
Корнеклубневый	1	2
Кистекорневой	1	1
Стержнекорневой	8	8
Полукустарничек	1	1
Однолетник	4	2
Корнеотпрысковый	1	1
Столonoобразующий	1	1

Распределение сосудистых растений еловых лесов по экологическим группам по отношению к освещенности в зависимости от геохимической дифференциации пород

Ельники на различных почвообразующих породах	Количество растений по экологическим группам по фактору освещенности, %		
	Сциофиты	Семигелиофиты	Гелиофиты
на четвертичной морене	40	37	23
на карбонатно-известковых отложениях	40	38	22

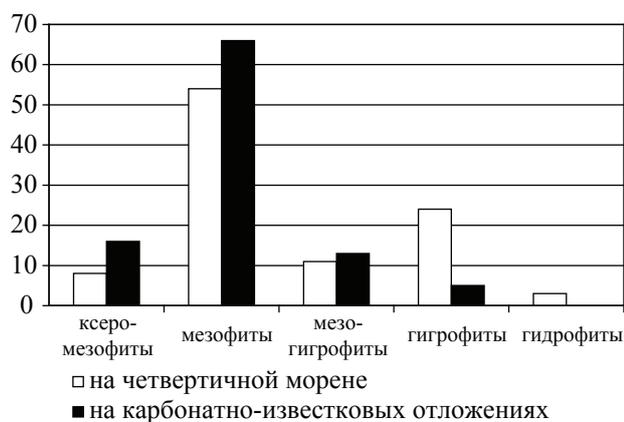


Рис. 2. Соотношение (%) экологических групп видов еловых лесов по отношению к увлажнению в зависимости от геохимической дифференциации почвообразующих пород

Сопоставление ельников, формирующихся на разных почвообразующих породах, показывает, что по отношению к фактору увлажнения наблюдаются наибольшие различия (рис. 2). Так, в сообществах, сформированных на карбонатно-известковых отложениях, преобладают виды ксеромезофиты (в 2 раза) и мезофиты (в 1,2 раза). Однако видов гигрофитов в 5 раз меньше, а гидрофиты вообще не присутствуют. Увеличение количества видов ксеромезофитной серии и уменьшение доли гигрофитов объясняется особенностями почв, формирующихся на известковых породах.

Сопоставление видов сосудистых растений по трофности показывает, что происхо-

дит увеличение доли мезотрофов в 1,2 раза в сообществах на карбонатно-известковых отложениях и уменьшение доли олиготрофов и олигомезотрофов (в 1,2 и в 1,3 раза соответственно). Доля мезоэвтрофов одинакова в ельниках в различных геохимических условиях, а в сообществах на осадочных породах возрастает участие эвтрофов (в 1,2 раза).

Наименьшие различия между ельниками наблюдаются по отношению к фактору освещенности. Установлено, что соотношение экологических групп видов еловых лесов по отношению к освещенности в зависимости от почвообразующих пород практически не отличается (табл. 4).

Выводы. Минералогический состав почвообразующих пород находит отражение в различиях физико-химических свойств сформированных на них почв, что в свою очередь влияет и на видовой состав произрастающих на них растений. Сопоставление флористического состава сосудистых растений растительных сообществ еловых лесов средней подзоны тайги, на примере Плесецкого района Архангельской области, показало, что выявлена отчетливая видовая дифференциация в зависимости от геохимических особенностей почвообразующих пород – моренных некарбонатных отложений и встречающихся локально среди них древних известково-карбонатных плит.

Наибольшие отличия наблюдаются на видовом уровне травяно-кустарничкового яруса растительности. В сообществах еловых лесов, формирующихся на карбонатно-известковых отложениях, снижена типологическая представленность, меняется спектр ассоциаций и структура их компонентного состава. В ельниках на карбонатных отложениях сужено систематическое разнообразие сосудистых растений. В то же время на разных в геохимическом отношении породах встречаются растения, не характерные для других условий семейств: *Liliaceae* Juss. на карбонатных отложениях, *Ericaceae* L. – на моренных.

Отличаются видовое разнообразие и встречаемость сосудистых видов. При относительной выравненности по географизму, по освещенности и жизненным формам (показателям, наименее связанным с геохимической

дифференциацией) наблюдаются существенные различия в видовом отношении по фактору увлажнения и тропности. В однотипных ельниках на карбонатных отложениях происходит возрастание доли эвтрофов, увеличение доли ксеромезофитов и уменьшение гигрофитов.

Библиографический список

1. Алексеева-Попова, Н.В. Экологическая и биогеохимическая дифференциация видов / Н.В. Алексеева-Попова // Проблемы экологии растительных сообществ. – СПб.: ООО «ВВМ», 2005. – С. 342–351.
2. Афанасьев, Г.В. Известкование кислых почв в Архангельской области / Г.В. Афанасьев, А.Д. Кашанский. – Архангельск: Северо-Западное книжное изд-во, 1964. – 61 с.
3. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность: В 2 кн./ Отв. ред. О.В. Смирнова / Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов. Кн. 1 – М.: Наука, 2004. – 479 с.
4. Катаева, М.Н. Дифференциация растительности и почв Полярного Урала в контрастных геохимических условиях / М.Н. Катаева, С.С. Холод / Проблемы экологии растительных сообществ. Отв. ред. В.Т. Ярмишко. – СПб.: ООО «ВВМ», 2005. – С. 352–391.
5. Кекишева, Ю.Е. Флористический состав и ценотическая структура ельников зеленомошников Плесецкого района / Ю.Е. Кекишева / Изв. вузов. Лесной журнал. – № 4, 2008. – С. 12–16.
6. Наквасина, Е.Н. Геоботанические исследования: методические рекомендации к полевым работам / Е.Н. Наквасина, Е.В. Шаврина. – Архангельск: ПГУ им. М.В. Ломоносова, 2001. – 44 с.
7. Наквасина, Е.Н. Полевой практикум по почвоведению / Е.Н. Наквасина, В.С. Серый, Б.А. Семенов. – Архангельск: АГТУ, 2007. – 126 с.
8. Нешатаев, В.Ю. Растительность Полярного Урала в верхнем течении реки Сось / В.Ю. Нешатаев, В.Ю. Нешатаева / Проблемы экологии растительных сообществ. – СПб.: ООО «ВВМ», 2005. – С. 303–341.
9. Мерзленко, М.Д. Типы леса и типы лесных культур / М.Д. Мерзленко. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 48 с.
10. Раменский, Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский, И.А. Цаценкин, О.Н. Чижиков и др. – М., 1956. – 471 с.
11. Серебряков, И.Г. Экологическая морфология растений / И.Г. Серебряков. – М., 1962. – 378 с.
12. Скляр, Г.А. Почвы лесов Европейского Севера / Г.А. Скляр, А.С. Шарова. – М.: Наука, 1970. – 272 с.
13. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М., 1983. – 197 с.

ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ II КЛАССА ВОЗРАСТА В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Н. НАКВАСИНА, *проф. каф. лесоводства и почвоведения АГТУ, д-р с.-х. наук,*
П.А. ПОНОМАРЕВ, *выпускник лесохозяйственного факультета АГТУ*

nakvasina@agtu.ru

Исторически сложилось так, что в северном регионе не было опытных селекционных объектов старше 20 лет. Первые географические культуры, созданные П.И. Войчалем и В.Я. Поповым, утрачены в молодом возрасте [1]. В настоящее время действующими объектами остаются географические культуры государственной сети, созданные в 1970-х годах и расположенные в 4-х пунктах Европейского Севера России.

Изучение географических культур 2 класса возраста представляет особый интерес для Европейского Севера России, как для решения региональных проблем семеноводства, так и для динамических ген-экологических исследований.

Инорайонные популяции могут иметь преимущества в росте и приживаемости перед местной сосной в первые годы жизни, которые вполне могут потеряться позднее. Немаловажны и особенности становления насаждений разного географического происхождения на отдельных этапах формирования древостоев.

Изучение 31-летних географических культур сосны, расположенных в Плесецком лесхозе Архангельской области (средняя подзона тайги, с.ш. 62°54', в.д. 40°24'), проведено в 2007 г. по предложению Северного НИИ лесного хозяйства (куратор объекта).

Географические культуры созданы посадкой 2-летних семян в 1977 г. под руководством Т.С. Непогодьева. Расстояние между рядами культур – 2,5 м, в ряду – 0,7–0,8 м. Высажено 28 вариантов потомств разного географического происхождения (рис. 1). К настоящему времени в силу различной адаптационной способности сохранилось 24 климата (табл. 1), представленных из различных лесорастительных зон (подзон) и стран света (европейская и азиатская части страны).

Использованы методики исследований, определенные программой [2]. Приживаемость сосны учитывали на учетных рядах, выделенных при закладке культур. Измеряли диаметры стволов на высоте 1,3 м не менее 100 деревьев или в климатах с низкой выживаемостью – у всех растений. Среднюю высоту деревьев в климатопе определяли по графику высот, который строили по общепринятому числу замеров высот и диаметров стволов у деревьев разных ступеней толщины. Для оценки влияния географического происхождения культур климаты сгруппировали по лесорастительным зонам (подзонам), выделенным по С.Ф. Курнаеву [3] и по частям света. Различия между группами оценивали с применением однофакторного дисперсионного анализа и расчетом коэффициента детерминации η^2 .

Т а б л и ц а 1

**Происхождение климатопов сосны обыкновенной, представленных
в географических культурах Архангельской области**

Происхождение культур		№ климатопов по госреестру	Географические координаты, град.	
Лесорастительная зона (подзона) [3]	Часть света		Северная широта	Восточная долгота
Северотаежная	Европа	1, 2, 3, 12	67°52'...64°45'	32°33'...43°14'
Среднетаежная	Европа	4, 9, 14 – 17	62°54'...61°40'	30°28'...43°00'
	Азия	78, 81	60°40'...61°25'	60°24'...73°20'
Южнотаежная	Европа	19, 42, 47, 48, 68	60°00'...56°30'	30°25'...50°06'
	Азия	77, 82, 88, 109	56°30'...58°20'	65°18'...104°40'
Смешанные леса	Европа	22, 23, 67	57°50'...58°15'	28°26'...54°00'

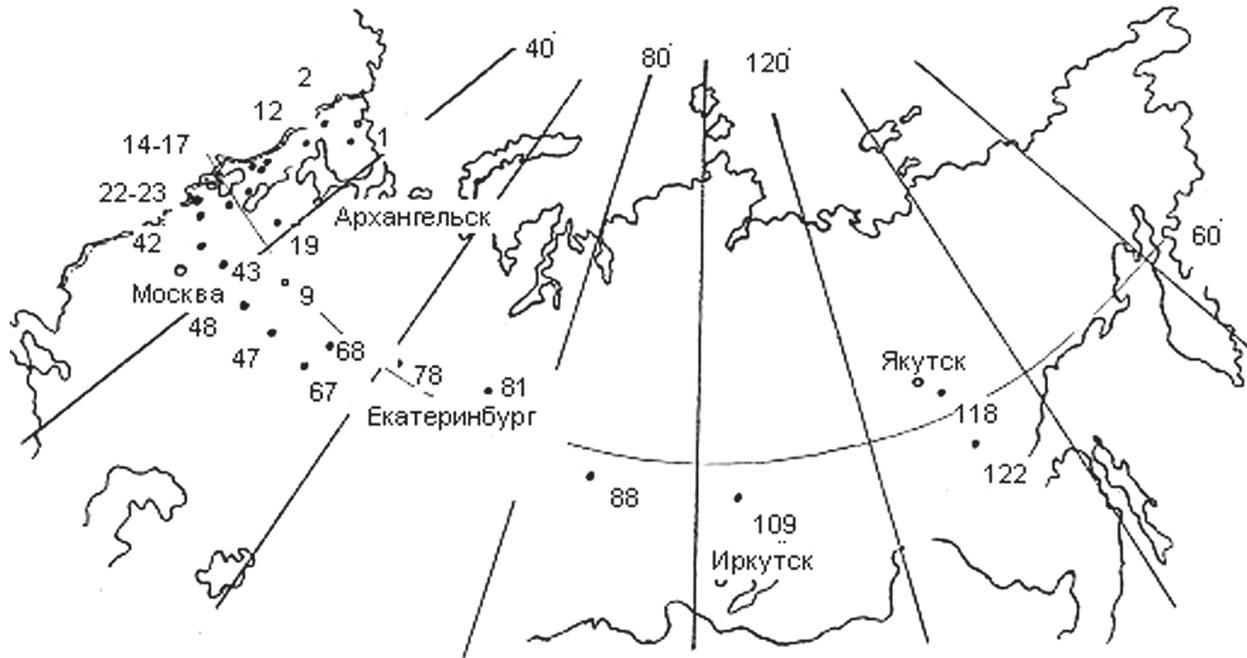


Рис. 1. Места заготовки семян изучаемых происхождений сосны обыкновенной

Таблица 2

Приживаемость культур сосны по лесорастительным зонам (подзонам) географического происхождения

Происхождение культур		Число кли- матипов	Приживаемость, %, в возрасте культур, лет		Отпад, %
Лесорастительная зона (подзона)	Часть света		21	31	
Северотаежная	Европа	4	70,7	53,3	17,4
Среднетаежная	Европа	6	60,0	50,8	9,2
	Азия	2	35,2	26,2	9,0
Южнотаежная	Европа	5	18,5	16,9	1,6
	Азия	4	12,5	11,8	0,7
Смешанные леса	Европа	3	8,2	7,0	1,2
η^2			0,855	0,880	–
$\pm m$			0,030	0,033	–

Таблица 3

Изменение показателей роста культур сосны по зонам (подзонам) географического происхождения

Происхождение культур		Диаметр на 1,3 м, см				Высота, м			Н/Д в возрасте культур, лет	
Лесорастительная зона (подзона)	Часть света	в возрасте культур, лет		Средне- годовой прирост	Кoeff. изменчи- вости	в возрасте культур, лет		Среднегоди- чный прирост	21	31
		21	31			21	31			
Северотаежная	Европа	8,2±0,4	10,2±0,5	0,19	33,2	5,95	10,1	0,42	0,72	1,0
Среднетаежная	Европа	10,2±0,4	12,1±0,5	0,19	29,7	6,13	11,8	0,57	0,60	0,98
	Азия	10,1±0,4	14,6±0,4	0,45	18,6	5,60	12,2	0,66	0,56	0,83
Южнотаежная	Европа	12,9±0,5	16,2±0,6	0,33	22,6	6,60	12,2	0,56	0,51	0,95
	Азия	11,7±0,4	15,5±0,5	0,38	19,9	5,76	12,1	0,63	0,49	0,78
Смешанные леса	Европа	11,4±0,7	17,5±0,5	0,64	22,6	5,13	11,6	0,65	0,45	0,97
η^2		0,736	0,831			0,391	0,385			
$\pm m$		0,055	0,166			0,127	0,181			

Динамика роста климатипов сосны обыкновенной 1 класса возраста детально рассмотрена нами в ранних работах [4, 5]. В контексте генэкологических и прикладных селекционных исследований представляет интерес сравнительный анализ приживаемости и роста климатипов сосны обыкновенной за 10 лет. Этот период характеризуется завершением перехода рядовых культур из фазы индивидуального роста в фазу смыкания, а, следовательно, изменениями в конкурентной напряженности при формировании древостоя. Неизбежно начало возрастной дифференциации древостоя, что может повлечь изменения в стабильности формирования популяции, связанные с географическим происхождением потомства.

При группировке 31-летних культур сосны по лесорастительным зонам (подзонам) прослеживаются установленные ранее закономерности выживаемости потомства от его географического происхождения (табл. 2). По-прежнему наиболее высокая приживаемость у северных потомств сосны обыкновенной из европейской части северной и средней подзон тайги (Мурманская, Архангельская области, Республика Карелия). Однако в насаждениях этих потомств весьма значителен отпад деревьев (9–17%), что свидетельствует о начале процесса дифференциации из-за густого стояния деревьев (результат высокой приживаемости в молодом возрасте). Несмотря на усиление конкурентной напряженности в северных потомствах, доля влияния географического происхождения потомств, отраженная коэффициентом детерминации η^2 , даже несколько повысилась и составила 0,88. Это связано с низкой изменчивостью потомств по показателю приживаемости в пределах географических групп. Показатель приживаемости отдельных потомств тесно связан с географическим происхождением семян и климатическими характеристиками мест их происхождения, коэффициент корреляции r составляет 0,49–0,83 и достоверен на всех уровнях значимости. Однако величина коэффициента корреляции за 10 лет несколько снизилась в связи с отпадом деревьев, связанным не с адаптацией особей к факторам

среды, а с конкуренцией деревьев за площадь питания в рядах.

Наибольшей интенсивностью роста по диаметру и высоте в изучаемый период отличалась сосна обыкновенная более южного происхождения – из зоны смешанных лесов и южной подзоны тайги (Псковская, Новгородская, Ленинградская, Калининская, Костромская области и др.), а также климатипы азиатской сосны среднетаежного происхождения (Свердловская и Тюменская области). Их среднегодовой прирост был в 1,5–3 раза выше, чем у северных потомств, а средний диаметр на высоте 1,3 м составляет 16–18 см (табл. 3). Отдельные деревья достигают толщины 30 см. Тогда как в северных потомствах, при среднем диаметре ствола 10–12 см, в рядах культур встречаются деревья толщиной 3–5 см.

Южные климатипы сосны отличались низкой выживаемостью с первых лет создания культур, и в настоящее время в вариантах сохранились отдельные деревья, что и привело к интенсивному радиальному приросту и разрастанию в ширину кроны с толстыми сучьями. Северные потомства с высокими показателями приживаемости сформировали достаточно густые ряды с сомкнувшимися кронами деревьев и четкой дифференциацией растений по классам Крафта. Они отличаются большим числом деревьев с прямыми стволами (рис. 2).

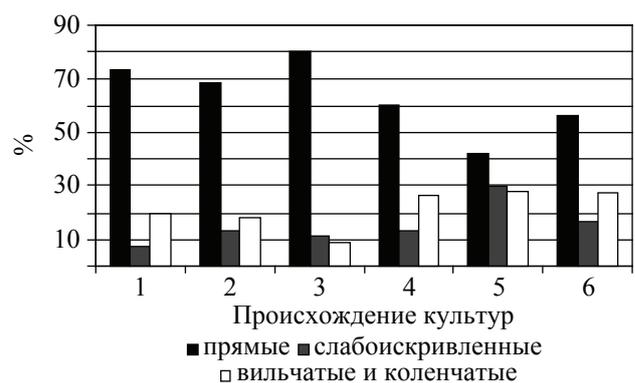


Рис. 2. Представленность деревьев (%) по качеству ствола в культурах различного географического происхождения: 1 – северотаежная подзона, 2 – среднетаежная подзона (европейская часть), 3 – среднетаежная подзона (Азиатская часть), 4 – южнотаежная подзона (европейская часть), 5 – южнотаежная подзона (Азиатская часть), 6 – зона смешанных лесов (европейская часть)

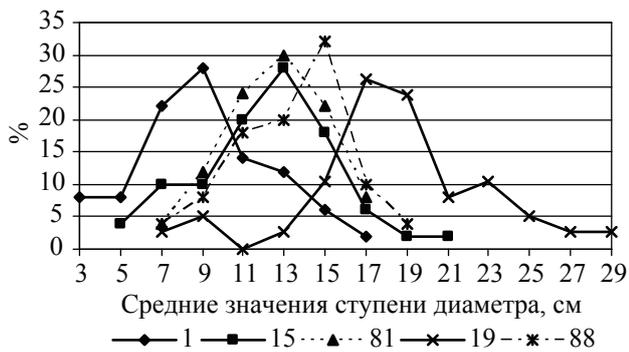


Рис. 3. Распределение деревьев по диаметру ствола климатипов сосны обыкновенной (%): 1 – Мурманская область, 4 – Архангельская область, 15 – Республика Карелия, 81 – Тюменская область, 19 – Ленинградская область, 88 – Томская область

В результате распределение деревьев по диаметру в климатипах разного географического происхождения отличается, сохраняя форму кривой нормального распределения (рис. 3). По мере продвижения родины климатипа к югу происходит смещение максимума кривой распределения в сторону более высоких ступеней толщины, но при этом увеличивается диапазон диаметров деревьев за счет более интенсивной ростовой дифференциации.

Связь диаметра ствола на высоте груди с географическим происхождением семян и климатическими характеристиками места произрастания материнских насаждений высокая, коэффициент корреляции r достигает 0,66–0,83 и достоверен на 0,1 % уровне значимости. Наиболее высокая связь с северной широтой мест происхождения географических рас, причем коэффициент корреляции диаметра с северной широтой в культурах 31-летнего возраста значительно увеличился: с 0,66 до 0,83, по сравнению с культурами 21-летнего возраста.

При значительных различиях по радиальному приросту в зависимости от географического происхождения потомств сосны обыкновенной обращает на себя внимание выравнивание климатипов по высоте 31-летних деревьев и среднегодичному приросту. Подобное распределение по высоте связано с рядом факторов. С одной стороны – усиление радиального прироста южных климатипов при свободном стоянии деревьев, с

другой стороны – отпадом мелких деревьев (4 и 5 классов Крафта), связанным с началом возрастной дифференциации северных потомств, имеющих высокую приживаемость.

Соотношение высоты и диаметра (Н/Д), которое служит показателем оценки напряженности конкуренции в древостое [6], в 31-летних культурах увеличилось по сравнению с 21-летними культурами (табл. 3). Причем из-за перераспределения линейного и радиального приростов наблюдается выравнивание показателя и приближение к 1. В пределах лесорастительной зоны (подзоны) наиболее высокий показатель у европейских климатипов по сравнению с азиатскими.

В результате перераспределения радиального и линейного приростов в климатипах разного географического происхождения, начавшегося еще в 20-летних культурах, в коллекции возрастает доля географического влияния (показатель детерминации η^2) по диаметру с 0,74 до 0,83, тогда как по высоте остается неизменной. В 31-летних культурах различия климатипов по высоте по-прежнему в большей степени (на 61 %, а с учетом ошибки показателя детерминации на 79 %) определяются влиянием наследственных особенностей потомств, нежели их географическим происхождением.

Насаждения климатипов сосны обыкновенной II класса возраста, изначально отличающиеся достаточно высокой приживаемостью, находятся в стадии смыкания древостоя. Процесс формирования древостоя сопровождается ростовой дифференциацией. Начинается отпад деревьев в связи с усилением конкурентной напряженности. Одновременно идет перераспределение интенсивности радиального и линейного приростов деревьев. В этом возрасте усиливается дифференциация потомств по диаметру ствола, но несколько выравнивается средняя высота культур в коллекции. Диаметр ствола становится ведущим показателем в определении географически обусловленных закономерностей, связанных с местом произрастания материнских насаждений климатипов. Однако процесс формирования древостоя не закончен. Продолжающаяся ростовая дифференциация в рядовых культурах в дальнейшем может внести кор-

рективы в распределение потомства географических рас в коллекции.

Библиографический список

1. Наквасина, Е.Н. История создания и перспективы изучения географических культур хвойных на Европейском Севере / Е.Н. Наквасина // Экологические проблемы севера: межвуз. сборник научн. трудов. – В.4. – Архангельск: АГТУ, 2001. – С. 25–28.
2. Изучение имеющихся и создание новых географических культур. Программа и методика работ. – Пушкино: ВНИИЛМ, 1972. – 52 с.
3. Курнаев, С.Ф. Лесорастительное районирование СССР / С.Ф. Курнаев. – М.: Лесная пром-сть, 1973. – 240 с.
4. Наквасина, Е.Н. Географическая изменчивость как основа семеноводства сосны обыкновенной на Европейском Севере России: автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук / Е.Н. Наквасина. – СПб.: ГЛТА, 2000. – 38 с.
5. Наквасина, Е.Н. Испытание потомств климатипов сосны и ели в географических культурах и совершенствование лесосеменного районирования в Архангельской области / Е.Н. Наквасина, О.А. Гвоздухина // Некоторые вопросы лесоведения и лесоводства на Европейском Севере России: сб. науч. работ кафедры лесоводства и почвоведения – Архангельск: АГТУ, 2005. – С. 178–189.
6. Маслаков, Е.Л. Формирование сосновых молодняков / Е.Л. Маслаков. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 162 с.

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОМПОНЕНТЫ ЛЕСНОГО ФИТОЦЕНОЗА НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ

К.Ю. ПРОКОШЕВА, *асс. каф. лесоводства и лесных культур Ижевской ГСХА; асп. МГУЛ*

canc@isa.nivad.ru

В последнее время на территории Удмуртии в связи с возрастающим процентом городского населения увеличиваются рекреационные воздействия на леса зеленых зон городов, природных и национальных парков, в большей степени это связано с благоприятными рекреационными ресурсами природных территорий республики. По современным представлениям, рекреационные ресурсы – это природные, природно-технические, социально-экономические системы и их элементы, которые при существующих технических и материальных возможностях могут быть использованы для организации рекреационного хозяйства [5]. До сих пор в Удмуртии состояние лесных насаждений в связи с рекреационным лесопользованием недостаточно изучено. Поэтому основная цель исследований состояла в выявлении характера рекреационного воздействия на лесные экосистемы (и их элементы) в обозначенном регионе. При этом использовались приемы и методы, принятые в лесоводстве, экологии и других смежных областях науки. Рассматривая рекреационные ресурсы на примере Удмуртии, следует подчеркнуть, что ее территория обуславливает характерные черты геологии, гидрогеологии, климата, растительности и почвенного покрова, составляющих основу рекреацион-

ных ресурсов и характеризуется весьма неоднородными природными условиями.

Основой оценки рекреационного ресурса рельефа служат следующие показатели: благоприятные инженерно-геологические условия для строительства специальных рекреационных объектов (трасс скоростного спуска, лыжных гонок, трамплинов, подъемников) и объектов сервисной инфраструктуры (кемпингов, баз отдыха). Ресурсы рельефа рационально используются прежде всего для организации и развития спортивного и оздоровительного типов отдыха. Рельеф Удмуртии имеет хорошие предпосылки для развития познавательно-природного типа рекреации. Поверхность территории республики представляет собой увалистую равнину, постепенно понижающуюся с севера на юг и с востока на запад. Большие пространства занимают поверхности с отметками от 200 до 300 м над уровнем моря; они обычно составляют водоразделы. На общем фоне рельефа можно выделить основные элементы: древние возвышенные плато с увалами, молодые низменные волнистые равнины, долины рек, овраги и балки (лога), древние материковые дюны, оползни, карстовые «воронки», моренные холмы, пуги. Особенности строения рельефа создают все необходимые

предпосылки для организации спортивно-оздоровительных занятий по зимним видам спорта (лыжный и горнолыжный, прыжки с трамплина, санный), пешего, конного, велосипедного видов туризма, а также дельтапланизма. Сильная расчлененность рельефа и наличие высоких разно экспонируемых склонов создает дополнительные благоприятные условия для приспособления местности под различные (лечебно-климатические, оздоровительно-прогулочные) виды рекреации.

В определение рекреационных ресурсов входят климатические условия. Использование рекреационного потенциала местности тесно связано не только с последствиями атмосферных осадков, но и с относительной влажностью воздуха и скоростью ветра, так как их различные комбинации и сочетания с температурой воздуха способствуют неодинаковому восприятию теплового эффекта. Наибольшую насыщенность воздуха влагой зимой и меньшую относительную влажность в мае–июне можно рассматривать как благоприятствующий рекреации фактор во всех природных зонах.

Физико-географическое положение и ботанико-географические особенности территории Удмуртии отражаются на богатстве видового состава лесных сообществ. В лесах республики произрастает 408 видов растений из 70 семейств. Флора лесов охватывает более 40 % местных видов республики [2]. Основными лесообразующими из хвойных пород являются ели сибирская и финская, сосна обыкновенная; из лиственных пород – береза повислая, липа мелколистная, тополь дрожащий, дуб черешчатый. Вмешательство человека в жизнь лесных растительных сообществ, сокращение лесов привели к тому, что появилась большая группа растений, требующих особого внимания. Как показала инвентаризация флоры Удмуртии, из 210 особо редких и исчезающих на территории республики растений 1/3 часть – обитатели лесов. Процессы исчезновения редких растений поможет предотвратить создание единой сети «Особо охраняемых природных территорий». В республике выделены только особо крупные ООПТ: статус национального парка присвоен парку «Нечкинский» и статус природных парков носят ПП «Усть-Бельск» и ПП «Шаркан».

Имеются также большие площади лесных территорий, нуждающиеся в охране.

Увеличивающееся рекреационное воздействие на лесные насаждения Удмуртии оказывает значительное влияние на все компоненты лесного фитоценоза. На исследуемой территории были отмечены изменения видового и количественного состава растений в живом напочвенном покрове, подросте и подлеске, фракционного состава и запаса лесной подстилки, уплотнение верхнего почвенного горизонта, а также ухудшение санитарного состояния древостоя. В качестве опытных объектов исследования были выбраны сосновые насаждения в национальном парке «Нечкинский» и природном парке «Усть-Бельск» (таблица).

Участки для закладки пробных площадей подобраны в искусственных и естественных насаждениях сосны. Древостои представлены насаждениями с участием сосны от 90 до 50 %. Пробные площади заложены в преобладающих типах леса – кисличном, снытьевом и широколиственном.

Сосняки кисличные. Средний состав насаждений 9С1Е+Лп на территории национального парка и 6С2Ос1Д1Ивд на территории природного парка «Усть-Бельск». Средний бонитет – I, средняя полнота – 0,73. Тип лесорастительных условий С₃. Почвы дерново-сильноподзолистые песчаные на покровном суглинке ППП (1,21); дерново-сильноподзолистая легкосуглинистая на покровном суглинке ППП (2) на территории НП «Нечкинский» и дерново-карбонатные, слабоподзолистые супесчаные ППП (13,14) на территории ПП «Усть-Бельск». Слой подстилки 2–4 см, отличается хорошо развитым перегнойно-аккумулятивным горизонтом. Подлесок средней густоты или редкий, но разнообразный по видовому составу, представлен рябиной, можжевельником, липой, жимолостью, малиной, крушиной. Травянистая растительность хорошо развита, представлена кислицей, майником, грушанкой, геранью, снытью, щитовником мужским, костянкой и др., негустой покров образуют зеленые мхи. Естественное возобновление представлено елью и пихтой в насаждениях НП «Нечкинский» и дубом и кленом в ПП «Усть-Бельск». Насаждения характеризуются I–III стадий дигрессии.

Сосняки широколиственные. Средний бонитет II, средняя полнота – 0,65. Тип лесорастительных условий – C₂-C₃. Почва дерново-среднеподзолистая супесчаная на древнеаллювиальных отложениях, на глубине 76–185 см суглинистая прослойка ППП (4) на территории НП «Нечкинский» и дерново-среднеподзолистая суглинистая на древнеаллювиальных отложениях ППП (17); дерново-карбонатная слабоподзолистая легкосуглинистая ППП (20) в ПП «Усть-Бельск». Подрост редкий, представлен елью и пихтой на территории НП «Нечкинский» и дубом, сосной и кленом на территории ПП «Усть-Бельск». Лесная подстилка имеет мощность 2–3 см. Подлесок редкий, представлен рябиной обыкновенной, липой мелколистной, вязом шершавым, жимолостью лесной, бересклетом бородавчатым, лещиной обыкновенной. Травяной покров составляют сныть обыкновенная, вороний глаз четырехлисточковый, герань лесная, яснотка белая, копытень европейский, майник двулистный, звездчатка дубравная, борец высокий. Подобраны участки II-IV стадии дигрессии.

Сосняк снытьевый. Состав насаждений – 9С1Б+Ос+Лп. Средняя полнота – 0,69; средний бонитет – II. Тип лесорастительных условий D₃-D₂. Почвы дерново-подзолистые на древнеаллювиальных отложениях с прослойками суглинков на глубине 105 см представлены на ППП 6,7 на территории НП «Нечкинский» и дерново-карбонатные на делювиально-пролювиальных суглинках, расположенных на глубине 3,0–3,5 м, легкосуглинистые на территории ПП «Усть-Бельск» (ППП 11,12). Слой лесной подстилки достигает 2–4 см. Подлесок представлен рябиной обыкновенной, розой иглистой, липой мелколистной, бересклетом бородавчатым, жимолостью лесной, вязом шершавым, дроком красильным, раkitником русским. Представители живого напочвенного покрова – сныть обыкновенная, кислица обыкновенная, костяника каменная, земляника лесная, чистотел большой, плеуроциум Шребера, грушанка круглолистная и др. Подлесок – ель, незначительное количество пихты в условиях НП «Нечкинский»; сосна, дуб – в условиях ПП «Уст-Бельск».

Возраст древостоев варьировал от 30 до 130 лет. Пробные площади подобраны в наиболее характерных функциональных зонах: особо охраняемой, рекреационной и зоне обслуживания посетителей.

На территории Прикамья выявлены сосновые насаждения с I–IV стадиями дигрессии. Насаждения с изреженным куртинно-луговым типом древостоя, сильно ослабленными, усыхающими деревьями, с отсутствием подроста, подлеска, мхов, подстилки и вытоптанной почвы до 60 % площади, соответствующие V стадии дигрессии, не выявлены. Преобладают по площади насаждения I стадии ППП (1,15,16,12) и II стадии дигрессии ППП (8, 9,21,7,2,20,13,11), без признаков нарушения лесной среды или с незначительным ее изменением, требующие незначительного регулирования рекреации. Основная доля насаждений I и II стадии дигрессии представлена сосняками кисличными с типом лесорастительных условий C₃. Исследованы также насаждения со значительным изменением лесной среды, где рост и развитие деревьев ослаблены, подрост и подлесок находятся в угнетенном состоянии, в видовом составе ЖНП встречена луговая и сорная растительность, подстилка и почва уплотнены. Данные насаждения соответствуют III стадии дигрессии и представлены ППП (14, 17, 3, 4, 6). Зафиксированы насаждения IV стадии дигрессии ППП (18,10,19,5). Основная доля насаждений с сильно нарушенной лесной средой, угнетенными деревьями, неблагонадежным, расположенным в куртинах подростом и подлеском, вытоптанной до минеральной части почвой представлена в искусственных насаждениях сосняков широколиственных ПП «Усть-Бельск». Отмечено, что большая часть насаждений IV и III стадии дигрессии расположена на береговой линии р. Кама ППП (5,6,3,10,19).

Практически все изученные древостои – 85,7 % закрытого типа пространственной структуры, преимущественно горизонтальной сомкнутости, с полнотой древостоя 0,6–1,0, доля которых составляет 57 %. Полуоткрытый тип ландшафта ППП (10,19,5) представлен изреженными насаждениями IV стадии дигрессии.

Сводная ведомость постоянных пробных площадей насаждений сосны национального парка «Нечкинский» и природного парка «Усть-Бельск»

№ППП.	Кв./Выдел	Площадь, га.	Средние таксационные показатели									тип пространственной структуры	рекреационная нагрузка, чел/га	проективное покрытие ЖНП, %	выгопанность почвы %	рекреационная характеристика					
			яруса				насаждения		древостоя элемента леса							эстетическая оценка	сан-гигиенич. оценка	рекреационная оценка	устойчивость насаждения	стадия дигрессии	
			состав	полнота	Σ площадей сечения	запас, м³/га	Класс бонитета	тип леса/ГЛУ	возраст, лет	Нер. м	Дер. см										
Национальный парк «Нечкинский»																					
Особо охраняемая зона																					
1		4,0	9С1Е+Лп	0,6	28,02	375,0	IA	$\frac{С_{Кс}}{С_3}$	110	29,0	34,0	Ia	0,7	83	0	1	1	2	1	1	
8	$\frac{19}{19}$	3,8	5С1Е1Лп 1Б2Ос	0,7	29,12	379,4	II	$\frac{С_{ШГ}}{С_3}$	120	28,0	34,4	Iб	2,3	62	5	1	2	2	1	2	
9	$\frac{19}{18}$	19,0	6С1Е 1Лп2Б	0,6	25,14	333,6	II	$\frac{С_{ШГ}}{С_3}$	130	27,5	35	Ia	2,1	42	3,5	1	1	2	1	2	
21	$\frac{24}{5}$	5,5	7С2Б1Лп	0,8	34,64	386,4	I	$\frac{С_{Кс}}{С_3}$	70	24	24,5	Ia	1,3	75	2,5	1	2	2	1	2	
Рекреационная зона																					
3		6,0	9С1Е	0,6	25,02	255,6	I	$\frac{С_{Кс}}{С_3}$	60	22,4	23,8	Ia	4,0	47	12	2	2	3	2	3	
4	$\frac{17}{13}$	16,0	8С1Е1Б	0,8	28,24	265,6	II	$\frac{С_{ШГ}}{С_2}$	57	19,2	20,1	Iб	3,7	51	18	2	3	3	3	3	
5	$\frac{33}{18}$	3,8	10С +Б	0,5	16,2	144,0	III	$\frac{С_{Сн}}{Д_3}$	70	18,0	20,0	IIa	4,7	34	40	2	3	3	3	4	
Зона обслуживания посетителей																					
6	$\frac{33}{23}$	5,5	9С1Б+ +Ос+Лп	0,7	24,92	232,4	II	$\frac{С_{Сн}}{Д_3}$	60	19,7	20,6	Ia	3,8	52	27	2	2	3	3	3	
7	$\frac{33}{21}$	1,9	8С2Б+Е	0,7	25,97	303,2	II	$\frac{С_{Сн}}{Д_3}$	70	21,5	23,3	Ia	2,3	65	5	1	2	1	2	2	
2		2,1	9С1Е+Б	0,6	25,02	255,6	I	$\frac{С_{Кс}}{С_3}$	60	22,4	23,8	Ia	2,7	56	2	1	2	1	1	2	
Природный парк «Усть-Бельск»																					
Особо охраняемая зона																					
15	$\frac{1}{60}$	28,0	6С2Ос 1Д1Ивд	0,8	28,0	208,0	I	$\frac{С_{Кс}}{С_3}$	45	16,7	16,8	Iб	0,3	95	0	1	1	1	1	1	
16	$\frac{1}{58}$	5,6	10С+Ос+ +Кл+Д	0,8	28,32	213,6	IA	$\frac{С_{Кс}}{С_3}$	45	18,5	17	Iб	0,5	85	0	1	1	1	1	1	
20	$\frac{2}{23}$	1,4	10С	0,7	21,14	145,6	II	$\frac{С_{ШГ}}{С_2}$	41	14,0	14,2	Ia	1,3	70	3	1	1	1	2	2	
Рекреационная зона																					
13	$\frac{1}{62}$	14,0	8С1Ос 1Д+Лп	0,8	28,48	265,6	II	$\frac{С_{Кс}}{С_3}$	55	19,0	20,0	Iб	2,1	58	5	2	1	1	2	2	
14	$\frac{1}{63}$	16,0	9С1Ос+ +Д+Лп	0,8	24,16	166,4	II	$\frac{С_{Кс}}{С_3}$	44	14,5	14,0	Iб	3,4	47	25	2	2	3	3	3	
17	$\frac{2}{9}$	4,3	10С	0,7	17,43	98,0	II	$\frac{С_{ШГ}}{С_2}$	30	10,6	11,0	Ia	3,6	52	37	2	3	3	2	3	
18	$\frac{2}{20}$	2,2	10С	0,6	15,72	92,4	III	$\frac{С_{ШГ}}{С_2}$	41	11,7	11,8	Ia	3,8	40	40	2	3	3	3	4	
Зона традиционного хозяйствования																					
12	$\frac{41}{9}$	0,8	10С	0,8	30,84	277,2	IA	$\frac{С_{Сн}}{Д_2}$	50	19,3	20,2	Ia	1,0	79	3	1	1	1	1	1	
11	$\frac{41}{6}$	3,6	9С1Ос	0,7	24,9	232,4	II	$\frac{С_{Сн}}{Д_3}$	55	19,0	20,0	Ia	2,1	63	12	2	1	1	2	2	
10	$\frac{41}{2}$	1,6	9С1Дн	0,6	20,6	165,2	III	$\frac{С_{ШГ}}{С_2}$	50	14,1	14,5	II	4,1	47	45	3	3	3	3	4	
19	$\frac{2}{21}$	1,4	10С	0,5	13,1	77,0	III	$\frac{С_{ШГ}}{С_2}$	41	11,7	11,8	II	4,2	30	47	3	3	3	3	4	

Для определения пригодности ландшафтных выделов к выполнению рекреационных и оздоровительных функций была использована шкала рекреационной оценки. Доля участков, имеющих наилучшие показатели по состоянию древесно-кустарниковой растительности, напочвенного покрова, составила 38 % и представлена ППП (2,7,15,16,20,12). На данных участках передвижение удобно во всех направлениях, возможно использование для отдыха без проведения мероприятий по благоустройству территории. Участки относятся к I и II стадиям дигрессии, в основном сосредоточены в сосновых насаждениях ПП «Усть-Бельск». Выявлены участки, имеющие больше плохих показателей, чем хороших по состоянию древесно-кустарниковой растительности, напочвенному покрову и другим элементам. Передвижение затруднено или невозможно во всех направлениях. Доля таких участков составляет 43 % от общего числа исследуемых, представленных на ППП (14,17,18,10,19,3,4,5,6). Данные насаждения отнесены к III и IV стадии дигрессии.

Санитарно-гигиеническая оценка участков показала, что насаждения на ППП (1,8,15,16,20,13,12,11) в хорошем санитарном состоянии, с чистым воздухом, хорошей аэрацией. Не имеют паразитов, густых зарослей и шума. Практически все площади с перечисленными выше характеристиками удалены от городов и других населенных пунктов, а также от водных объектов и автомагистралей. ППП (4,5,17,19,10,19) находятся в плохом санитарном состоянии, захламлены мертвой древесиной, замусорены, на участках имеются места свалок мусора, загрязненный воздух. Отмечено наличие паразитов (клещи, комары, пауты, мошка), густых зарослей. Данные участки расположены вблизи населенных пунктов, автомагистралей и р. Кама. Насаждения на данных участках отнесены к III и IV стадии дигрессии.

Эстетическая оценка участков проведена с учетом следующих показателей: положение на местности, влажность почвы, проходимость, живописность опушек, наличие и качество единичных или небольших групп деревьев и кустарников, качество травяного и мохового покрова, доступность водной

поверхности для отдыхающих, возможность его использования для отдыха и купания. Доля высокой эстетической оценки насаждений ПП «Усть-Бельск» и НП «Нечкинский» составила 48 %, что говорит о живописности исследуемых участков и насаждений парков. Небольшая доля – 10 % представлена участками с низкими эстетическими характеристиками ППП (10,19).

Наибольшая рекреационная нагрузка была отмечена на ППП (10,19,5) – 4,1–4,7 чел./га. Обусловлена она расположением лесных насаждений вблизи р. Кама. На данных пробных площадях преобладание бивуачной и кошевой видов рекреации, в результате чего отмечено повреждение подроста, возрастание доли неблагонадежного и сомнительного подроста или полное его отсутствие. В живом напочвенном покрове отмечено преобладание сорной растительности: пырей ползучего, одуванчика обыкновенного, мать-и-мачехи, бодяка полевого, цикория обыкновенного. Подлесочные породы в основном представлены рябиной, появляются нехарактерные для леса породы: клен американский, черемуха обыкновенная, яблоня ягодная. Распространение по площади групповое или единичное. Данные участки замусорены и захламлены. Деревья имеют механические повреждения, заселены болезнями и вредителями.

Наименьшая рекреационная нагрузка 0,3–0,7 чел./га отмечена на ППП (1,16,15). Данные участки находятся на территории особо охраняемых зон, расположены в значительной удаленности от населенных пунктов, водоемов.

Нагрузка на ППП (2,8,9,20,13,12,11,21) 1,0–2,7 чел./га соответствует предельно допустимой рекреационной нагрузке.

Один из важнейших компонентов лесной экосистемы, живой напочвенный покров, наиболее чувствителен и подвергается значительному изменению с возрастанием интенсивности посещения лесопарков. С появлением сорной растительности расширяется его видовой состав. По мере дальнейшего давления рекреационного пресса видовой состав растительности сужается, при вытоптанности напочвенного покрова в 70 % остается не более десятка видов [6].

При изучении динамики растительности в насаждениях сосны в рекреационных лесах на участках I и II стадий рекреационной дигрессии обнаружено 11–12 видов травянистых растений. С увеличением рекреационных нагрузок в насаждениях III стадии дигрессии количество видов уменьшается до 7 в широколиственных, 9 видов в снытьевых типах леса, в кисличном остается 12 видов растений. В насаждениях IV стадий рекреационной дигрессии возрастает количество видов травяной растительности в сосняках снытьевых до 12 видов и уменьшается до 6 видов в сосняках кисличных.

По данным исследования прослеживается динамика распределения обилия видов растений в зависимости от стадии дигрессии. В насаждениях I стадии дигрессии зафиксировано преобладание лесных видов растений, доля их составляет 90,0 % в сосняке снытьевом, 81,8 % и 72,7 % в сосняках кисличном и широколиственном соответственно. В насаждениях II стадии дигрессии также в основном встречаются лесные виды растений, их доля составляет 80,0 %–63,6 %. При III стадии дигрессии наблюдается снижение лесных видов до 44,5–33,3 %, при IV стадии доля лесных растений составляет лишь 22,2–16,7 %, в то время когда количество сорных видов трав возрастает до 41,6–50 %. Лесолуговая и луговая растительность занимает 8,3–18,2 % при I и II стадиях дигрессии, начиная с III стадии луговых видов до 25 % в живом напочвенном покрове сосновых насаждений.

В ходе исследований было отмечено, что проективное покрытие живого напочвенного покрова в насаждениях сосны IV стадии дигрессии снижается в 2,2 раза. Если на I и II стадиях доля проективного покрытия составляет соответственно 85,5 % и 61,4 %, то на III и IV стадиях значение находится в пределах от 49,8 % до 37,8 %. Проективное покрытие ЖНП значительно снижается при увеличении площади вытоптанной поверхности почвы: при наличии дорожно-тропиночной сети и кострищ. Наибольшие повреждения поверхности ЖНП и почвы отмечены при бивуачной и кошевой форме рекреации.

Наибольшая концентрация поврежденных мест зафиксирована на побережье

реки Кама (ППП 18,10,19,5). Выявлена зависимость уменьшения площади проективного покрытия от вытоптанной площади. Коэффициент корреляции (r) = -0,804; коэффициент аппроксимации (R^2) = 0,647.

Видовое разнообразие ЖНП зависит от условий произрастания и величины рекреационной нагрузки. На I и II стадиях дигрессии встречаются в основном типично лесные виды – кислица обыкновенная, костяника каменная, сныть обыкновенная, щитовник мужской, звездчатка ланцетолистная, борец высокий, вороний глаз четырехлистный, герань лесная и др. Отмечено, что данные виды растений встречаются в основном обильно или рассеянно. Луговые и лесолуговые виды на этих стадиях дигрессии представлены хвощом полевым, володушкой золотистой, полевицей тонкой, зверобоем продырявленным, геранью луговой и др. Сорные растения встречаются единично или вообще отсутствуют. В насаждениях III стадии дигрессии значительно снижается доля участия лесных видов, преобладают виды с высокой (земляника лесная) и средней устойчивостью (копытень европейский, щитовник мужской, костяника каменная). Выявлены следующие виды сорной растительности: мать-и-мачеха, бодяк полевой, пырей ползучий, цикорий обыкновенный, подорожник большой, осот огородный. В насаждениях IV стадии дигрессии из лесных видов встречаются сныть обыкновенная и грушанка круглолистная.

Немаловажной причиной ухудшения состояния экосистемы является вытаптывание и уничтожение лесной подстилки. Распределение мощности подстилки по стадиям дигрессии показало, что с возрастанием рекреации наблюдается ее уменьшение по сравнению с контролем в насаждениях I стадии дигрессии на 66,6 % при II стадии, на 48,8 % и 28,0 % при III и IV стадиях соответственно. При IV стадии дигрессии отмечено, что местами подстилка полностью отсутствует. На таких участках площадь вытоптана до минерального горизонта. Более мощная подстилка отмечена под кронами недоступных для людей деревьев, внутри групп и куртин подлеска и подроста. Отмечено уменьшение запаса лесной подстилки в воздушно-сухом состоя-

нии в 2,4 раза на IV стадии, по сравнению с контролем (I стадия дигрессии). Исследования проводились в зоне рекреации, насаждениях сосняка кисличного IV класса возраста. Тесная корреляционная зависимость была выявлена между массой лесной подстилки и интенсивностью рекреации. Коэффициент корреляции (r) = - 0,7786; коэффициент аппроксимации (R^2) = 0,6062. Зависимость массы лесной подстилки от интенсивности рекреации по стадиям дигрессии выражается следующим уравнением $y = 3,3363x + 6,2841$, где y – интенсивность рекреации; x – масса лесной подстилки.

Исследования по измерению плотности почв проводилось на характерных для Удмуртии дерново-сильнопodzolistых супесчаных почвах на покровном суглинке. По мере увеличения рекреационных нагрузок увеличивается плотность верхних горизонтов почвы. Выявлено изменение плотности почвы с $0,75 \pm 0,09$ г/см³ в насаждениях I стадии дигрессии до $1,5 \pm 0,11$ г/см³ на IV стадии дигрессии. Таким образом, происходит уплотнение почвенных горизонтов в 2 раза по сравнению с контролем (I стадия). Между мощностью лесной подстилки и плотностью сложения почвы выявлена корреляционная связь (r) = -0,5615, которая выражается уравнением $y = 0,0721 x^2 - 0,5737 x + 1,9756$, где x – плотность почвы (г/см³); y – мощность лесной подстилки (кг/м²). В связи с тем, что лесная подстилка является основным источником органического вещества, поступающего в почву, от ее количества и запасов активной фракции зависит и наличие гумуса в почве лесных биогеоценозов. По мнению В.Д. Зеликова (1970), В.Г. Пшонновой (1970), уплотнение почвы – один из основных факторов, отрицательно влияющих на состояние и рост насаждений. Л.О. Карпачевский (1981), исследуя зависимость развития древостоя от плотности почвы, на III–IV стадиях рекреационной дигрессии отмечает заражение деревьев корневой губкой и стволовыми вредителями, а в V – начало суховершинности до 10 % деревьев.

Как одну из форм рекреационного воздействия на древостой следует рассматривать влияние рекреации на процесс возобновления

древесных пород под пологом леса. В сосняках кисличных и сосняках снытьевых на дерновых-сильнопodzolistых песчаных почвах на покровном суглинке подрост представлен елью и пихтой. В сосняках широколиственных на почвах среднеpodzolistых супесчаных на древнеаллювиальных отложениях подрост представлен елью и пихтой, а на дерново-карбонатных почвах – дубом, сосной и кленом.

В сосняках снытьевых I стадии дигрессии количество подроста составляет 2,85 тыс. шт./га, тогда как в сосняках кисличных, не подверженных рекреационным нагрузкам, количество благонадежного подроста в 1,85 раз больше и составляет 5,3 тыс. шт./га, в сосняках широколиственных максимальное количество подроста составляет – 2,0 тыс. шт./га. Большая часть исследуемых насаждений возобновляется елью, это говорит о наличии коренных типов еловых лесов и оптимальных условиях для возобновления ели. Самой трудновозобновляемой породой является сосна, более половины экземпляров подроста неблагонадежны и не смогут в будущем обеспечить формирование древостоя.

Увеличение рекреационной нагрузки сопровождается сокращением или полным уничтожением подроста. В условиях сосняка кисличного в насаждениях III стадии дигрессии количество подроста уменьшается до 1,45 тыс. шт./га, что в 3,7 раза меньше контроля, причем возрастает доля неблагонадежного подроста – 61 %, тогда как на контроле неблагонадежный подрост составлял только 10 %. Подобная ситуация наблюдается в сосняках широколиственном и снытьевом.

В насаждениях IV стадии дигрессии доля неблагонадежного подроста составляет 61–80 %. Причем подрост выше 1,5 м отсутствует или неблагонадежный.

Однако в зависимости от вытоптанности территории общее количество подроста и соотношение его высотных и возрастных групп претерпевают существенные изменения. А.Ф. Хайретдинов, С.И. Канашова (1994) выявили, что предельно допустимая нагрузка для подроста сосны и ели высотой до 0,5 м в ряде случаев меньше, чем для травяного покрова. Повреждение подроста сосны во всех типах леса связано с ее возрастом и

высотой. Если нагрузки начались до естественного возобновления, т.е. в относительно молодых и сомкнутых естественных насаждениях, то на сильно уплотненных глинистых и тяжелосуглинистых разновидностях черноземов и серых лесных почв немногочисленные куртины молодняка формируются лишь в определенные, благоприятные годы в условиях минимальной конкуренции со стороны другой растительности. Когда вовлекаются в рекреационную деятельность сосняки более старшего возраста, подрост распадается на отдельные довольно устойчивые группы.

Весьма значительна в рекреационных лесах и роль подлеска. Он помогает формировать насаждения биогруппами, что обеспечивает сохранность природных экологических взаимосвязей внутри группы, придает ландшафту красочность и контрастность. Поэтому его оценка является весьма точным критерием, характеризующим степень деградации лесных биоценозов. Из подлесочных пород наиболее устойчива к вытаптыванию лещина, неустойчивыми видами являются рябина и смородина. Помимо типичных лесных видов при увеличении рекреационных нагрузок встречаются вишня, черемуха и яблоня [4, 6].

Подлесок в сосняке кисличном представлен рябиной обыкновенной, можжевельником обыкновенным, раkitником русским, липой мелколистной, жимолостью лесной, лещиной обыкновенной, розой майской. Максимальное количество подлеска – 3,75 тыс. шт./га представлено на ППП-15. На I и II стадиях дигрессии встречаемость подлеска составляет 60–70 %, количество видов 9–6 штук, на III стадии остается только 3 вида подлесочных пород, самыми устойчивыми к рекреационному воздействию можно отнести рябину обыкновенную, можжевельник обыкновенный, раkitник русский и черемуху обыкновенную, при этом встречаемость составляет 10–30 %.

Подлесок в сосняке широколиственном представлен рябиной обыкновенной, липой мелколистной, вязом шершавым, жимолостью лесной, бересклетом бородавчатым, лещиной обыкновенной. На IV стадии дигрессии появляется клен американский, а также остаются рябина обыкновенная и лещина обыкновенная. Все экземпляры клена амери-

канского имеют благонадежный вид, несмотря на значительную рекреационную нагрузку в насаждениях IV стадии дигрессии.

Подлесок сосняка снытьевого представлен рябиной обыкновенной, розой иглистой, липой мелколистной, бересклетом бородавчатым, жимолостью лесной, вязом шершавым, дроком красильным, раkitником русским. На IV стадии дигрессии зафиксированы виды, не характерные для подлесочных пород – клен американский, яблоня ягодная, но практически весь крупный подрост в таких насаждениях неблагонадежен.

В зависимости от стадии дигрессии видовое разнообразие подлесочных пород колеблется от 9–6 штук на I стадии дигрессии, до 2–3 штук на IV стадии. Наибольшее распространение получила рябина обыкновенная, она встречается во всех типах лесах и на всех стадиях дигрессии. Типично лесные виды – жимолость лесная, раkitник русский, крушина ломкая, роза иглистая встречаются в основном на I и II стадиях дигрессии, на IV стадии появляется черемуха обыкновенная, клен остролиственный, яблоня ягодная. Подлесок на участках с большим процентом выбитой площади практически отсутствует.

Выявлена корреляционная связь между вытоптанностью почвы и видовым разнообразием подлеска (r)= –0,959; коэффициент аппроксимации (R^2)= 0,920 и выражается уравнением $y = -0,1492x + 8,17424$, где x – доля вытоптанной до минерального горизонта почвы (%); y – видовое разнообразие подлеска (шт.).

На всех исследуемых объектах количество подлеска различно и изменяется в зависимости от типа леса, стадии дигрессии. При увеличении рекреационной нагрузки подлесок изреживается, при этом значительно снижается его высота. Подлесок до 0,5 м меньше повреждается в условиях рекреации, чем подлесок выше 1,5 м, а высотой от 0,6–1,5 м – занимает промежуточное по устойчивости положение.

Итак, состояние рекреационных лесов Удмуртии зависит от их рекреационного потенциала и характера рекреационной нагрузки. С увеличением степени рекреационного воздействия происходит существенное из-

менение плотности почвы, ухудшение санитарного состояния древостоя и других ярусов леса. На территории Прикамья преобладают насаждения I и II класса дигрессии. Сосняки кисличные представлены такими же стадиями дигрессии. Насаждения с сильно нагруженной лесной средой с угнетенными деревьями и другими компонентами лесного фитоценоза чаще всего встречается в искусственных сосняках широколиственной группы типов. Большая часть насаждений III и IV стадии дигрессии произрастает на береговой линии р. Кама.

Библиографический список

1. Авакян, А.Б. Повышение эффективности использования водохранилищ / А.Б. Авакян, В.Б. Яковлева // Гидротехн. стр-во – 1976. – № 12 – С. 9–12.
2. Баранова, О.Г. Местная флора Удмуртии: анализ, конспект, охрана / О.Г. Баранова. – Ижевск, 2002. – 199 с.
3. Конюхова, Т.А. К вопросу о путях развития экологического туризма для Республики Марий Эл / Т.А. Конюхова, В.А. Закамский // Современное состояние окружающей среды в Республике Марий Эл и здоровье населения: Материалы 2-ой научно-практ. конф. – Йошкар-Ола: Нац. б-ка им. С.Г. Чавайна, 2004. – С. 42–46.
4. Крылова, А.А. Исследование дигрессии насаждений на крутом склоне берега озера Яльчик в СОЛ «Политехник» НП «Марий Чодра» / А.А. Крылова, А.М. Степанов, В.А. Закамский // Тр. Мар. гос. техн. ун-та. – 2000. – № 8. – Ч. 2. – С. 64–65.
5. Рекреационные ресурсы СССР. Проблемы рационального использования. – М.: Наука, 1990. – 168 с.
6. Хайретдинов, А.Ф. Рекреационное лесоводство / А.Ф. Хайретдинов, С.И. Конашова. – Уфа, 1994. – 222 с.

ПЫЛЬЦЕВОЙ РЕЖИМ В ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СЕВЕРА

М.В. СУРСО, *с.н. с. Института экологических проблем Севера УрО РАН, канд. биол. наук*

felix@dvina.ru

Все хвойные аборигены Севера относятся к анемофильным видам, поэтому пространственно-временная динамика пыльцевых потоков в период рецептации семян имеет у них решающее значение для успешности опыления [2, 5]. Непосредственно для опыления важна плотность эффективного облачка пыльцы, т.е. плотность пыльцевых потоков в зоне женского генеративного яруса в течение относительно короткого периода рецептации. Наибольшая результативность опыления, т.е. число пыльцевых зерен, попавших в пыльцевые камеры семян, достигается при высоких и средних значениях эффективного количества пыльцы и длительности экспозиции [4]. Так, при снижении фонового количества пыльцы в воздухе у сосны закономерно возрастает абортивность семян и снижается сохранность макростробилов первого года развития [9]. Следует отметить, что, несмотря на кажущуюся архаичность репродуктивных структур голосеменных, механизмы опыления в этой обширной группе растений достаточно эффективны и разнообразны. Взрослые индивидуумы в своей основной массе продуцируют избыточное количество пыльцы. Так, в средне-

возрастных сосняках на каждую рецептивную семязачку продуцируется в среднем 10^{11} – 10^{12} микроспор. Поэтому, хотя вероятность попадания любого из пыльцевых зерен на нуцеллус семязачки ничтожно мала, почти каждая из них (по крайней мере среди находящихся в фертильной зоне макростробила) при благоприятном стечении обстоятельств оказывается опыленной. Вместе с тем, в каждом древостое встречается небольшое число индивидуумов, чей мужской генеративный потенциал на 2–3 порядка выше остальных, поэтому индивидуальная изменчивость особей по общей пыльцевой продуктивности выражается логнормальной кривой. У таких деревьев наряду с большим количеством мужских генеративных органов в кроне и каждый макростробил продуцирует большее количество пыльцевых зерен. Если учесть, что особи в популяции различаются не только по количеству продуцируемой пыльцы, но и по ее качеству, становится понятным, что вклад каждой из них в общий пул мужских гамет очень сильно различается. Таким образом, основной объем мужских гамет, потенциально способных в дальнейшем участвовать в конкуренции

за право воспроизводства жизнеспособного потомства, продуцируется относительно небольшим числом особей в популяции. Биологический смысл такой вариативности заключается в снижении вероятности близкородственного скрещивания.

Пространственно-временная динамика разлета пыльцы обусловлена особенностями мужской генеративной сферы отдельных индивидуумов, популяций и вида в целом, метеофакторами [3, 8], а также аэродинамическими свойствами самой пыльцы [11]. Лишь последние из перечисленных стабильны, прогнозируемость остальных факторов варьирует от вполне надежной до почти непредсказуемой. Наиболее высокими аэродинамическими свойствами пыльцы наделены те виды, пыльцевые зерна которых имеют полые боковые расслоения экзины (т.н. «воздушные мешки») – сосна и, особенно, ель (таблица). Однако с позиций адаптивной эволюции роль этих образований, по мнению некоторых авторов [10], сводится главным образом к тому, чтобы способствовать правильной ориентации пыльцевого зерна (дистальной бороздой вниз) на нуцеллусе семяпочки. Пыльцевые зерна можжевельника, несмотря на высокую относительную массу, по своим аэродинамическим характеристикам приближаются к видам, пыльца которых снабжена воздушными мешками. Роль последних у можжевельника заменяют многочисленные лодиккулы (полые вздутия экзины). Относительно тяжелые пыльцевые зерна лиственницы, лишенные воздушных мешков, с низкой шероховатостью экзины, обладают и низкими аэродинамическими качествами (таблица).

Для изучения динамики пыльцевого режима в хвойных насаждениях использовали пыльцеуловители конструкции Р. Сарваса

[12]. Для улавливания пыльцы использовалась прозрачная пленка с нанесенным тонким слоем технического вазелина. Пыльцеуловители устанавливались в верхней части женского генеративного яруса за несколько дней до начала пыления единичных деревьев. В конструкции прибора заложен принцип флюгера, т.е. приемная щель пыльцеуловителя всегда ориентировалась навстречу горизонтальному потоку воздуха. Ширина приемной щели была такой, чтобы избежать «размазывания» пыльцы по длине пленки и, вместе с тем, обеспечить беспрепятственное проникновение пыльцы в горизонтальном направлении, исключив при этом нежелательные эффекты турбулентности. Эмпирическим путем было установлено, что оптимальная ширина приемной щели в изолирующей стенке короба пыльцеуловителя должна составлять около 1,2 мм. Толщина самой стенки и расстояние от ее внутренней стороны до поверхности улавливающей пленки должно быть минимальным, при этом пленка наружной поверхностью при вращении и съемке барабана не должна касаться стенок изолирующего короба. Одновременно в женском генеративном ярусе устанавливались недельные термографы, работавшие синхронно с пыльцеуловителями. После съемки регистрирующей пленки концентрация пыльцы в воздухе на каждом временном отрезке определялась светомикроскопически при помощи пленки-подложки со стороной квадрата учета 1 мм.

Изучение пыльцевого режима в сосняках проводили в сосновом древостое, расположенном в Ижемском лесничестве Архангельского лесхоза. Состав древостоя: 9С1Е+Бед.Ос., полнота 0,7, средний возраст сосны 70–80 лет, средняя высота – 17 м, тип леса – сосняк чернично-сфагново-долгомошный (производный).

Т а б л и ц а

Аэродинамические свойства пыльцы аборигенных хвойных видов

Порода	Удельная плотность пыльцы, г/см ³	Размеры среднестатистического пыльцевого зерна		Минимальная скорость свободного падения, см/сек.	Максимальная скорость осаждения в этиловом эфире, сек./100см
		масса, г	площадь поверхности, мм ²		
Сосна	0,335	$0,405 \cdot 10^{-7}$	$0,145 \cdot 10^{-1}$	2,8	180
Ель	0,239	$0,184 \cdot 10^{-6}$	$0,481 \cdot 10^{-1}$	2,7	230
Лиственница	0,548	$0,174 \cdot 10^{-6}$	$0,225 \cdot 10^{-1}$	9,4	73
Можжевельник	0,610	$0,464 \cdot 10^{-8}$	$0,187 \cdot 10^{-2}$	3,6	160

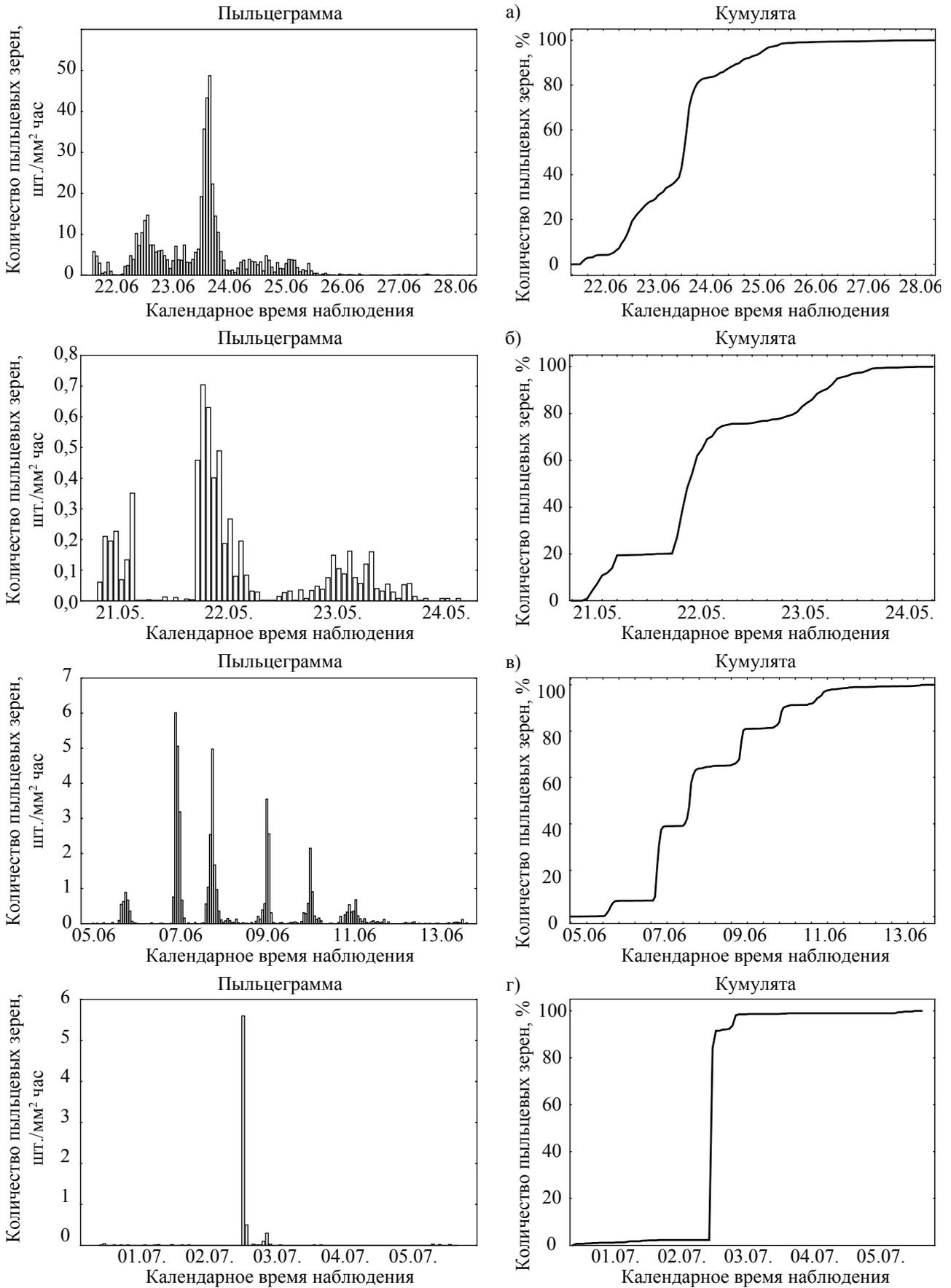


Рисунок. Динамика пыления: а – сосны; б – лиственницы; в – ели; г – можжевельника

Погодные условия в период пыления сосны в год проведения опытов были близки к оптимальным. Сухая, жаркая, умеренно ветреная погода с пиками максимумов температуры воздуха в послеполуденные и предвечерние часы способствовала быстрому и почти одновременному раскрытию микроспорангиев. Пыление у сосны началось 22 июня, и было отмечено две вспышки активности вылета пыльцы, также приуроченных к послеполуденным и ранневечерним часам (рисунок). Массовое пыление было отмечено 24 июня и продолжалось оно не более 12 часов, после чего концентрация пыльцы в воздухе резко снизилась, и с затухающими колебаниями пыление у сосны продолжалось до начала июля. Общее количество пыльцы в воздухе в период массового пыления сосны составило около 50 % от всей вылетевшей пыльцы. Количество пыльцы, вылетевшей за первые четверо суток с начала пыления, составило более 99 % от всей пыльцы (рисунок). Общее количество уловленных пыльцевых зерен за весь период пыления сосны составило 450–500 шт./мм². Суммарная площадь поверхности всех пыльцевых зерен составила около 45 % от площади улавливающей поверхности. Таким образом, высокая концентрация пыльцы сосны в воздухе наблюдается в течение очень короткого промежутка времени в период, когда большая часть семян находится в рецептивном состоянии. Небольшие концентрации пыльцы, особенно после окончания массового пыления, обусловлены отчасти заносом чужеродной пыльцы, что более характерно для районов с выраженной горной поясностью [6], отчасти адаптационными возможностями вида [1].

Изучение пыльцевого режима в лиственничниках проводили в насаждении, расположенном в Кепинском лесничестве Архангельского лесхоза. Насаждение двухярусное, состав первого яруса 10Лц, второго – 8Е2Б. Средний возраст деревьев первого яруса – около 350 лет, средняя высота – 36 м, средний диаметр – 80 см. Суммарная полнота обоих ярусов – 0,5. Тип леса – лиственничник можжевельниково-разнотравный (коренной).

«Цветение» у лиственницы происходит одновременно с распусканием хвои и

часто совпадает по времени с резким похолоданием (до –8...–10°С) и обильными снегопадами, что может привести к полной или частичной гибели женских генеративных органов и неблагоприятным образом сказаться на процессе разлета пыльцы. При относительно теплой сухой погоде весь период пыления лиственницы занимает не более 4–5 дней (рисунок). 1 га взрослого насаждения лиственницы может дать до 50 кг пыльцы, или около $1,3 \cdot 10^{11}$ пыльцевых зерен [7]. Подавляющая часть пыльцы (более 99 %) разлетается в течение первых трех дней с момента начала пыления единичных деревьев (рисунок). Аэродинамические качества пыльцы лиственницы, лишенной воздушных мешков, довольно низкие, и занос сколько-нибудь значительных масс чужеродной пыльцы маловероятен. Абсолютные показатели плотности пыльцевого потока довольно низкие, а ее суммарное значение не превышало 6,5 шт./мм². Общая площадь всех уловленных пыльцевых зерен составила около 3,5 % от площади регистрирующей поверхности.

Изучение пыльцевого режима в ельниках проводили в насаждении, расположенном в Беломорском лесничестве Архангельского лесхоза. Состав насаждения 10Е+Б. Средний возраст ели 210 лет, средняя высота – 22 м, средний диаметр – 24 см, полнота – 0,7. Тип леса – ельник черничный (коренной). Для ели характерна цикличность женской генеративной активности, что во многом обусловлено особенностями локализации женских генеративных органов в кроне. Цикличность мужской репродуктивной деятельности менее выражена. Средний балл женского «цветения» ели по шкале Каппера в год проведения опытов составил около 4,5, соответственно мужское «цветение» в этот год было также обильным.

Период пыления ели более растянут. Вспышки активности разлета пыльцы приурочены к полудню и практически полностью затухают в ночные и ранние предрассветные часы (рисунок). Последнее обусловлено высокой относительной влажностью воздуха и практически полным отсутствием ветра в это время. Основная масса пыльцы (около 70 %) разлетается в течение первых 3–4 дней,

и почти вся пыльца (около 99 %) – в течение 7–8 дней (рисунок). Остаточные количества пыльцы (менее 0,01 %) могут флуктуировать в воздухе еще в течение 2–3 недель в зависимости от погодных условий. Плотность пыльцевого потока ели может значительно варьировать по годам. В урожайный 2005 г. ее абсолютное значение составило около 50 шт./мм². Суммарное значение площади всех уловленных пыльцевых зерен ели составило около 10 % от площади регистрирующей поверхности.

Изучение пыльцевого режима можжевельника проводили в том же насаждении, где изучали пыльцевой режим лиственницы (см. выше). Сомкнутость можжевельного подлеска около 40 %, характер размещения его – равномерный, местами он образует труднопроходимые заросли. Морфологически произрастающий на данном участке можжевельник ближе к сибирскому морфотипу *Juniperus sibirica* Burgsd. Габитуально старые растения представляют стланиковую разновидность древесной формы. У наиболее крупных особей диаметр у шейки корня превышает 30 см. Их возраст определить не представляется возможным, поскольку все они поражены сердцевинной гнилью. Свежее возобновление преимущественно вегетативное, корневой порослью (отводками). По половому признаку в составе можжевельного подлеска количественно доминируют женские особи, доля мужских не превышает 10–15 %.

Пыльцеуловители устанавливались до начала пыления на высоте 1,3 м, вблизи модуляторов пыльцы. С 28 июня установилась довольно жаркая (до +30°C), относительно сухая погода, сохранившаяся до 4 июля, после чего наступило резкое похолодание и зачастили дожди. Пыление единичных деревьев можжевельника началось 1 июля, массовое пыление наблюдалось 3 июля и продолжалось оно всего несколько часов (рисунок). После наступления дождливого периода пыление можжевельника практически полностью прекратилось.

В среднем суммарное количество уловленной пыльцы за весь период пыления можжевельника составило 6,84 пыльцевых зерна на 1 мм² регистрирующей поверхности, т.е. плотность пыльцевого облачка в период рецептации вблизи модулятора пыльцы оказа-

лась достаточно высокой. Однако временной отрезок высокой концентрации пыльцы в воздухе очень короткий: более 80 % всего количества пыльцы было уловлено в течение 2-х часов, почти 90 % – в течение 4-х часов (рисунок). Хотя весь период пыления можжевельника составил около недели, концентрации его пыльцы в воздухе, за исключением этого очень короткого промежутка, были крайне низкими.

Жесткий пыльцевой режим в популяциях можжевельника под пологом древостоев регламентируется характером пространственного размещения мужских индивидуумов, пыльцевой продуктивностью каждого из них, слабой турбулентностью в сочетании с довольно низкими аэродинамическими свойствами самой пыльцы. И без того короткий период массового пыления у можжевельника может усугубляться и неблагоприятными метеоусловиями, когда обильные и продолжительные дожди в период рецептации приводят к вымыванию существенной части пыльцы из уже раскрывшихся микроспорангиев.

Выявленные закономерности временного распределения плотности пыльцевых потоков всех изученных видов принципиально сохраняются из года в год. Почасовая динамика выражается асимметричной синусоидой. Динамика среднесуточных значений плотности пыльцевых потоков при относительно жаркой и сухой погоде в период массового пыления подчиняется закономерности Максвелла, в прохладную и умеренно дождливую погоду – ближе к логнормальной кривой, а в холодных сырых условиях приближается к негативному биномиальному распределению.

Библиографический список

1. Гришина, И.В. Фенология вылета пыльцы в популяциях сосны на болоте и суходоле / И.В. Гришина // Эколог. исслед. в лесн. и лугов. биогеоценозах равнин. Зауралья. Информ. мат-лы Талицкого стационара. – Свердловск, 1978. – С. 12–14.
2. Дрейманис А. Образование семян сосны обыкновенной в зависимости от условий опыления / А. Дрейманис // Тр. Латв. с.-х. акад., Елгава, 1972. – Вып. 51. – С. 63–69.
3. Ефимов, Ю.П. Распространение пыльцы сосны обыкновенной на семенной плантации / Ю.П. Ефимов, Н.Е. Косиченко, О.Н. Беспаленко // Лес. семенов. – Воронеж, 1980. – С. 9–18.

4. Ковешникова, Н.М. Распределение пыльцы по семяпочкам и эффективность оплодотворения у сосны обыкновенной в условиях различного пыльцевого режима / Н.М. Ковешникова, И.В. Седельникова // Мат-лы 5 науч.-практ. конф. мол. уч., Воронеж, 10-11 марта 1982. – Воронеж, 1983. – С. 15–18. – Рукопись деп. в ЦБНТИ-лесхоз 11.08.84. № 319лх-84.
5. Некрасова, Т.П. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири / Т.П. Некрасова. – Новосибирск: Наука (Сиб. отд-е), 1983. – 169 с.
6. Подгорный, Ю.К. О продолжительности периода рассеивания и фертильности пыльцы сосен / Ю.К. Подгорный // Науч. докл. высш. школы: Биол. науки, 1981. – № 1. – С. 74–78.
7. Поздняков, Л.К. Даурская лиственница / Л.К. Поздняков. – М.: Наука, 1975. – 312 с.
8. Санников, С.Н. Распространение пыльцы сосны от изолированного лесного массива / С.Н. Санников, И.В. Петрова, Н.С. Санникова. – Свердловск: Ин-т леса УрО АН СССР, 1989. – 8 с. – Ил. . Библиогр. 13 назв. – Рукопись деп. в ВИНТИ 18.10.89. № 6361–889.
9. Седельникова, И.В. Влияние количества пыльцы на сохранность макростробилов сосны обыкновенной / И.В. Седельникова // Селекц. основы повышения продуктивности лесов. – Воронеж, 1979. – С. 40–43.
10. Chamberlain C.J. Gymnosperms: Structure and evolution. Chicago, 1935. 484 p.
11. Niklas K.J., Paw U K.T. Conifer ovulate cone morphology: implications on pollen impaction patterns// Amer. J. Bot., 1983. Vol. 70, № 4. P. 568–577.
12. Sarvas R. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*// Commun. Inst. For. Fenn., 1962. Vol.53, №4. P. 1–198.

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *OXALIS ACETOSELLA* L. В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «МАРИЙ ЧОДРА»

Т.А. ПОЛЯНСКАЯ, докторант кафедры экологии МарГУ, канд. биол. наук

marchodra@mari-el.ru

Выявление основных закономерностей популяционной жизни растений необходимо для понимания структуры и динамики растительных сообществ, для сохранения биоразнообразия. От структурной организации зависит способность популяции к самоподдержанию и ее устойчивость.

Объектом исследования выбрано многолетнее травянистое растение – кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.) – короткокорневищный поликарпик. Цель работы: описать онтогенетическую структуру и определить фитомассу ценопопуляций (ЦП) кислицы обыкновенной в лесных сообществах. Исследования проводили на территории национального парка «Марий Чодра» (Республика Марий Эл). В национальном парке это растение встречается в хвойных (чаще еловых), хвойно (елово)-широколиственных и смешанных (с елью) лесах [1].

Национальный парк «Марий Чодра» расположен в юго-восточной части Республики Марий Эл и занимает 36,8 тыс. га. Парк находится в южном природном районе республики, включающем древние долины рек Волги и Илети, островные возвышения южных оконечностей Марийско-Вятского Увала с карстовыми

формами рельефа. В ботанико-географическом отношении территория национального парка «Марий Чодра» относится к подзоне южной тайги (северо-восточная часть) и смешанных (широколиственно-хвойных и хвойно-широколиственных) лесов, граничащих с лесостепью. Из-за многообразия ландшафтов здесь складывается своеобразие и богатство растительности и флоры. На территории парка преобладает лесная растительность, где наибольшую долю составляют сосновые леса (46 %). На средне- и сильноподзолистых почвах располагаются еловые леса и их производные (ельники зеленомошные, черничные, липово-широколиственные, сфагново-черничные), они занимают всего 4,1 % территории парка. Мягколиственные породы (липа, осина, береза) занимают также значительную часть территории парка (березовые леса занимают 25,04 %, осинники – 4,65 %, липняки – 7,5 %). На возвышенных участках распространены дубравы с кленом, липы с елью, в долинах рек – смешанные леса из ели, сосны, липы, дуба, клена, осины, вяза, а также пойменные дубравы.

Сбор материала для изучения структуры ценопопуляций (ЦП) и определения фитомассы проводили в 18 лесных сообществах: в

ельниках – зеленомошном (ЦП 1), черничном (ЦП 2-4), липово-разнотравном (ЦП 5), кисличном (ЦП 6), волосисто-осоковом (ЦП 7); *сосняках* – малиново-кисличном (ЦП 8), черничных (ЦП 9-12), малиново-крапивном (ЦП 13); *мелколиственных лесах* – в березняках: орляково-вейниковом (ЦП 14), сфагновом (ЦП 15), в осинниках: липово-снытевом (ЦП 16-18). В каждом фитоценозе были сделаны стандартные геоботанические описания с учетом обилия видов по Браун-Бланке. Флористические списки видов растений были обработаны по экологическим шкалам Д.Н.Цыганова [2]: климатическим – термоклиматической (Тм), континентальности климата (Кп), омброклиматической (Ом), криоклиматической (Ср); почвенным увлажнения почв (Нд), солевого режима почв (Tr), богатства почв азотом (Nt), кислотности почв (Rc), переменности увлажнения почв (Fh), шкале освещенности – затенения (Lc) с использованием компьютерного комплекса «Ecoscale» [3]. Оценка экологических особенностей местообитаний ЦП проведена по методике Л.А. Жуковой [4, 5] с применением диапазонных экологических шкал Д.Н. Цыганова [2]. Для обследования ЦП в пределах каждого ценоза методом случайных чисел закладывали по 10 временных площадок размером 0,25 м². С этих площадок особи *O. acetosella* выкапывали, гербаризировали, а в лабораторных условиях определяли онтогенетическое состояние особей [6]. В ходе работы вычислены общепринятые популяционные характеристики: плотность особей на м², коэффициент возрастности (Δ) по А.А. Уранову [7], индексы восстановления и замещения, скорость развития по Л.А. Жуковой [8], коэффициент эффективности популяции [9]. Классификация ЦП проведена с использованием работ Т.А. Работнова [10], А.А. Уранова и О.В. Смирновой [11]. Для определения продуктивности надземной и подземной фитомассы парциальные побеги высушивали и взвешивали. Для каждого онтогенетического состояния было взвешено по 10–15 парциальных кустов. Далее этот показатель умножали на количество особей данного онтогенетического состояния и рассчитывали фитомассу на единицу продуктивности всех онтогенетических групп на единице площади.

Фитоиндикация – совокупность экологических методов, позволяющих по изменению характеристик растительного покрова определить величину и направление изменения факторов среды. Каждый вид организмов характеризуется экологической амплитудой – диапазоном значений экологического фактора, при котором возможно существование данного вида. Индикационные экологические шкалы позволяют по составу растительности определить богатство и кислотность почв, увлажнение, условия освещенности и др.

Кислица обыкновенная обладает широкой экологической амплитудой. В системе эдафо-фитоценологических рядов, предложенной В.Н. Сукачевым [12], леса, где кислица обыкновенная доминирует в травяно-кустарничковом ярусе, располагаются в центре и приурочены к средним условиям богатства и влажности почвы. Этот вид распространен на бедных и богатых почвах, наилучший рост ее отмечают на подзолистых почвах, особенно на почвах, богатых минеральным азотом [13]. *O. acetosella* встречается при рН от 4,0 до 6,0 но может хорошо расти как при более низком, так и более высоком значении рН (3,2–8,0) [14]. В отношении освещения этот вид также обладает широкой амплитудой. Для улавливания лучей света у него выработались такие важные приспособления, как способность постепенно изменять ориентацию листьев, в соответствии с направлением источника света, формировать конусообразную форму клеток столбчатой паренхимы, изменять число и размеры хлоропластов, образовывать большое количество хлорофилла в листьях [15].

Анализ экологического разнообразия исследованного вида по климатическим шкалам показал, что достаточно узок диапазон у кислицы обыкновенной по омброклиматической (ОМ) шкале – 0,40 (вид гемистеновалентен) (табл. 1), мезовалентен вид по криоклиматической шкале (Ср) – (0,47); по шкале континентальности климата (Кп) *O. acetosella* эвривалентна (0,73), а по термоклиматической (Тм) шкале занимает гемиевривалентную позицию (0,59). Показания индекса толерантности по климатическим шкалам показывают, что кислица обыкновенная мезобионтна (0,55). Позиции изученного

вида по почвенным шкалам показывают несколько другую картину: этот таежный вид стеновалентен по шкале увлажнения почв (Hd) – (0,30), мезовалентен по шкалам: солевого режима почв (Tr) – 0,37, богатства почв азотом (Nt) – 0,55, переменности увлажнения почв (Fh) – 0,45. По шкале кислотности почв (Rc) занимает эвривалентную позицию (0,85). Индекс толерантности по почвенным шкалам показывает, что *O.acetosella* мезобионтен (0,50). Можно предположить, что именно эти экологические факторы являются лимитиру-

ющими при распространении вида. По шкале освещенности-затененности (Lc) кислица обыкновенная эвривалентна (0,78). По обобщенному индексу толерантности *O.acetosella* является мезобионтным видом (0,55). Показатели коэффициента экологической эффективности показывают, что для этого вида экологические возможности реализованы от 0,10 до 0,29. Максимальные показатели получены для *O.acetosella* по шкале увлажнения почв (Hd) – 21 % и по шкале освещенности-затененности (Lc) – 29 %.

Т а б л и ц а 1

Характеристика местообитаний *O.acetosella* по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова [2]

Диапазон шкалы	Экологическая позиция вида по шкале фактора	Потенциальная экологическая валентность (PEV)	Экологическая позиция изученных ЦП	Реализованная экологическая валентность (REV)	Коэффициент экологической эффективности
Tm (1–17)	4–13	0,59	7,15–8,04	0,06	0,10
Kn (1–15)	3–13	0,73	8,19–8,69	0,11	0,15
Om (1–15)	5–10	0,40	8,16–8,92	0,06	0,14
Cr (1–15)	3–11	0,47	6,44–7,22	0,06	0,12
Hd (1–23)	10–16	0,30	12,66–14,06	0,06	0,21
Tr (1–19)	2–8	0,37	4,56–5,63	0,06	0,16
Nt (1–11)	5–10	0,55	4,62–5,63	0,10	0,19
Rc (1–13)	1–11	0,85	5,38–6,59	0,10	0,12
fH (1–11)	3–7	0,45	3,48–5,27	0,18	0,4
Lc (1–9)	3–9	0,78	4,25–5,07	0,10	0,13

Т а б л и ц а 2

Некоторые популяционные характеристики *O. acetosella* в изученных фитоценозах

Фитоценозы	Доля участия фракций, в %			Плотность, м ²	Δ	J _v	J _з	J _{эф}
	p-v	g ₁ -g ₃	ss-s					
1. Ельник зеленомошный	80,22	14,26	5,49	77,6	0,211	89,05	44,28	0,376
2. Ельник черничный (1996)	67,31	12,5	19,82	86,6	0,29	118,0	23,8	0,366
3. Ельник черничный (1997)	53,87	6,22	38,67	122,0	0,411	121,17	11,76	0,347
4. Ельник черничный (1998)	69,09	1,8	–	44,4	0,326	542,0	18,20	0,283
5. Ельник липово-разнотравный	78,52	8,25	13,22	48,4	0,22	189,02	47,38	0,388
6. Ельник кисличный	70,86	27,22	2,0	121,2	0,188	7,93	1,55	0,445
7. Ельник волосисто-осоковый	73,21	17,22	19,22	83,6	0,284	117,85	24,39	0,284
8. Сосняк малиново-кисличный	53,31	39,65	7,05	90,8	0,286	21,83	16,23	0,754
9. Сосняк черничный-1 (1996)	52,69	30,65	16,67	74,4	0,32	36,97	16,06	0,459
10. Сосняк черничный-1 (1997)	67,97	6,89	25,35	111,6	0,28	60,92	8,59	0,396
11. Сосняк черничный-1 (1998)	90,67	0,85	8,48	47,2	0,166	2005,0	105,5	0,344
12. Сосняк черничный -2	75,90	5,69	18,41	179,2	0,273	185,20	36,72	0,527
13. Сосняк малиново-крапивный	72,10	27,5	–	17,2	0,18	35,16	35,16	0,443
14. Березняк орляково-вейниковый	85,32	1,32	13,32	30,0	0,16	2112,0	61,49	0,333
15. Березняк сфагновый	70,47	10,84	18,64	66,4	0,24	62,54	25,14	0,339
16. Осинник липово-снытевый (1996)	58,69	30,60	10,66	67,6	0,26	14,52	7,97	0,441
17. Осинник липово-снытевый (1997)	75,66	14,84	20,33	95,6	0,323	81,26	24,18	0,426
18. Осинник липово-снытевый (1998)	63,15	10,05	26,36	57,6	0,35	102,80	17,41	0,356

Фитомасса кислицы обыкновенной в исследованных фитоценозах

Фитоценозы	Фитомасса		
	надземная, г/м ²	подземная, г/м ²	общая, г/м ²
1. Ельник зеленомошный	5,36 ± 1,12	3,44 ± 0,80	8,80 ± 1,92
2. Ельник черничный (1996)	5,64 ± 1,00	4,24 ± 1,20	9,88 ± 2,20
3. Ельник черничный (1997)	8,72 ± 2,00	8,20 ± 1,92	16,92 ± 3,92
4. Ельник черничный (1998)	2,64 ± 0,24	2,08 ± 0,16	4,72 ± 0,40
5. Ельник липово-разнотравный	3,68 ± 0,92	2,40 ± 0,72	6,08 ± 1,64
6. Ельник кисличный	9,92 ± 2,72	8,60 ± 1,80	18,52 ± 4,52
7. Ельник волосисто-осоковый	6,36 ± 1,00	4,16 ± 1,04	10,52 ± 2,04
8. Сосняк малиново-вейниково-кисличный	11,60 ± 2,04	6,6 ± 1,04	18,2 ± 3,08
9. Сосняк черничный-1 (1996)	4,2 ± 1,00	4,44 ± 1,2	8,24 ± 2,2
10. Сосняк черничный-1 (1997)	4,96 ± 1,12	8,8 ± 2,12	13,76 ± 3,24
11. Сосняк черничный-1 (1998)	3,68 ± 1,00	2,16 ± 0,2	5,84 ± 1,2
12. Сосняк черничный -2	12,2 ± 2,24	10,0 ± 1,32	22,2 ± 3,66
13. Сосняк малиново-крапивный	1,68 ± 0,16	1,00 ± 0,2	2,68 ± 0,36
14. Березняк орляково-вейниковый	2,28 ± 0,4	1,56 ± 0,28	3,84 ± 0,68
15. Березняк сфагновый	5,52 ± 1,04	4,76 ± 1,00	10,28 ± 2,04
16. Осинник липово-снытевый (1996)	4,96 ± 1,04	5,76 ± 1,32	13,72 ± 2,36
17. Осинник липово-снытевый (1997)	8,72 ± 1,0	7,72 ± 1,04	16,44 ± 2,04
18. Осинник липово-снытевый (1998)	3,92 ± 0,72	3,2 ± 0,36	4,28 ± 1,08

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что основные позиции *O.acetosella* в лесных фитоценозах по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова [2] укладываются в диапазоны, приводимые автором. Только шкала Nt (богатства почв азотом) показала уменьшение азота (4,62).

Нами изучена онтогенетическая структура 18 ЦП кислицы обыкновенной. Базовый спектр характеризуется абсолютным максимумом на особях виргинильного онтогенетического состояния, локальный – на особях субсенильного состояния. Большинство ЦП нормальные. ЦП *O.acetosella* молодые, половина из них – полночленные, половина – неполночленные, что зависит от семенного пополнения. В течение одного периода вегетации в популяциях кислицы закономерно меняется доля участия групп семенного происхождения. В мае–июне преобладают проростки, в июле наряду с проростками заметную роль играют ювенильные и имматурные растения, к сентябрю сохраняются преимущественно виргинильные, отчасти имматурные растения [6]. Автор объясняет это биологическими особенностями вида: однократным семенным пополнением популяции и быстрыми темпами развития молодежи, т.к. проростки в первый же вегетационный сезон достигают взрослого

состояния. В процессе вегетативного размножения возникают главным образом средневозрастные и старые генеративные растения. Наиболее многочисленной группой в исследованных нами ЦП кислицы являются особи прегенеративного периода, их доля достигает 90,67 % (сосняк черничный – 1 (1998 г.). В 11 ЦП меньше других генеративных растений, их доля колеблется от 1,3 % в березняке орляково-вейниковом и достигает 39,7 % в сосняке малиново-кисличном (табл. 2). Возрастность ЦП изменяется от 0,16 до 0,41 и свидетельствует о том, что в разных ЦП неодинаково идут процессы омоложения и старения. В широких пределах изменялись показатели индекса восстановления: от 14,52 % в осиннике липово-снытевом в 1996 г. до 2112,0 % в березняке орляково-вейниковом, что связано с хорошим семенным возобновлением весной [6]. В зависимости от фитоценоза изменяются и показатели индекса замещения (от 7,97 % в осиннике липово-снытевом в 1996 г. до 105,47 % в сосняке черничном – I в 1998 г.) и индекса эффективности (от 0,283 в ельнике черничном в 1998 г. до 0,754 в сосняке малиново-кисличном), показывающего энергетическую нагрузку на среду, вызываемую средним растением [9]. Варьирование индексов восстановления и замещения в широком диапазоне свидетель-

**Показатели скорости
развития исследованных
ценопопуляций *O. acetosella***

Годы	Осинник липово-снытевый	Сосняк черничный	Ельник черничный
1996	–	–	–
1997	0,06	–0,4	0,12
1998	0,03	–0,11	–0,8

ствуется о гетерогенности условий существования ЦП в различных экологических нишах этого вида в данных сообществах. Плотность ЦП различна и колеблется значительно (от 17,2 шт./м² до 179,2 шт./м²).

Продуктивность кислицы обыкновенной была изучена нами в различных типах леса (табл. 3). Надземная фитомасса колеблется от 1,68 г/м² в сосняке малиново-крапивном до 11,6 г/м² в сосняке вейниково-кисличном. В 14 ЦП надземная фитомасса преобладает над подземной и изменяется от 1,00 г/м² в сосняке малиново-крапивном до 10,0 г/м² в сосняке черничном – 2. Полученные результаты (табл. 3) указывают, что наиболее благоприятными оказались эколого-фитоценотические условия в сосняке черничном – 2 (22,2 г/м²), что несколько меньше, чем результаты, полученные Т.В. Черненьковой и Н.И. Шориной [12] в лесхозе «Красная Пахра» Московской области, где воздушно-сухая надземная фитомасса в сосняке кисличном составляла 30,7 г/м². В ельнике кисличном фитомасса составила 25,2 г/м², в ельнике лещиново-волосистоосоковом – 9,5 г/м², а в березняке лещиново-волосистоосоковом – 0,31 г/м².

Особенности динамики ЦП кислицы обыкновенной прослежены нами на трех стационарных площадках в 3-х фитоценозах: осиннике липово-снытевом, сосняке черничном и ельнике черничном в течение 3-х лет: с 1996 по 1998 г.

В осиннике липово-снытевом абсолютные максимумы в эти годы приходились на группу имматурных особей (в 1996 и 1998 гг.) и виргинильную группу (1997 г.) (табл. 4). Доля растений генеративного периода в этот период уменьшилась от 30,6 % (1996 г.) до 10,1 %, (1998 г.), т.е. снизилась в 3 раза, но возросла доля старых растений (от 10,7 % в 1996 г. до 26,4 % в 1998 г.). Индекс восстановления увеличился от 14,5 % в 1996 г. до 102,8 % в 1998 г., а индекс замещения увеличился от 7,8 % в 1996 г. до 24,2 % в 1997 г. и уменьшился до 17,4 % в 1998 г. Сравнение показателей возрастности указывает на старение ЦП (табл.4). Плотность также уменьшилась от 87,6 шт./м² в 1996 г. до 57,6 шт./м² в 1998 г. В этой ЦП отмечены незначительные изменения общей фитомассы (от 4,7 до 16,9 г/м²).

В сосняке черничном абсолютные максимумы на онтогенетическом спектре в наблюдаемые годы приходились на особи прегенеративной фракции. В течение трех лет произошло уменьшение доли генеративных растений от 30,65 % до 0,85 %. Доля растений постгенеративной фракции в наблюдаемые годы не превышала 1/3 от общего количества. Плотность ЦП колебалась от 16,6 шт./м² в 1996 г. до 47,2 шт./м² в 1998 г. с повышением до 111,6 шт./м² в 1997 г. Показатели скорости развития ЦП говорят о ее старении.

В ельнике черничном максимумы на онтогенетических спектрах в эти годы приходились на группу виргинильных растений. Доля генеративных растений все годы была незначительной и не превышала 12,5 %, снизилась в 1998 г. до 1,84 %. Плотность этой ЦП была больше других ЦП в 1997 г. и составила 122,0 шт./м², это говорит о том, что в данных условиях растения *O. acetosella* находились в наиболее благоприятных экологических условиях. Скорость развития сначала увеличивалась, а затем уменьшилась. Индекс восстановления в течение 3-х лет увеличивался (от 118,0 % до 542,0 %). Показания индекса замещения колебались сначала в сторону уменьшения, затем в сторону увеличения (от 23,8 % в 1996 г. до 18,2% в 1998 г.). Общая фитомасса ЦП также изменялась то в сторону увеличения до 16,8 г/м² в 1997 г., то в сторону уменьшения – 4,72 г/м² в 1998 г.

Таким образом, для ЦП кислицы обыкновенной отмечены незначительные колебания демографических параметров и показателей коэффициента возрастности, индекса восстановления и замещения, эффективности, плотности, фитомассы, изученные ЦП имеют сходную онтогенетическую структуру, которая зависит от биологических особенностей

вида, типа стратегии и воздействия экологических факторов.

Библиографический список

1. Абрамов, Н.В. Конспект флоры Республики Марий Эл / Н.В. Абрамов. – Йошкар-Ола: МарГУ, 1995. – 192 с.
2. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 197 с.
3. Комаров, А.С. О компьютерной реализации наиболее трудоемких методов обработки геоботанических описаний / А.С. Комаров, Л.Г. Ханина, Е.В. Зубкова и др. // Биол. науки. – 1991. – № 8. – С. 45–51.
4. Жукова, Л.А. Новые аспекты экологического анализа эколого-ценотических групп лесных и экотонных сообществ / Л.А. Жукова // Седьмые Вавиловские чтения. Глобализация и проблемы национальной безопасности России в XXI в.: Сборник материалов. В 2-х ч. Ч. 2. – Йошкар-Ола, 2003. – С. 152–154.
5. Жукова, Л.А. Методология и методика определения экологической валентности, стено-эврибионтности видов растений / Л.А. Жукова // Методы популяционной биологии. Сборник материалов VII всероссийского популяционного семинара (Сыктывкар, 16-21 февраля 2004 г.). – Сыктывкар, 2004. – Ч.1. – С. 75–76.
6. Шорина, Н.И. Особенности побегообразования *Oxalis acetosella* (*Oxalidaceae*) в онтогенезе / Н.И. Шорина // Бот. журн., 1983. – № 7. – С. 896–907.
7. Уранов, А.А. Возрастной состав фитоценопопуляций как функции времени и энергетических волновых процессов / А.А. Уранов // Биол. науки., 1975. – №2. – С.17-29.
8. Жукова, Л.А. Популяционная жизнь луговых растений / Л.А. Жукова. – Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. – 224 с.
9. Животовский, Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л.А. Животовский // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3–7.
10. Работнов, Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т.А. Работнов // Тр. БИН АН СССР. – Сер.3, Геоботаника. – МЛ., 1950. – Вып. 6. – С. 7–204.
11. Уранов, А.А., Смирнова, О.В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений / А.А. Уранов, О.В. Смирнова // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. – 1969. – Т. 74. – Вып. 2. – С. 119–134.
12. Сукачев, В.Н. Избранные труды. Проблемы фитоценологии / В.Н. Сукачев. – Л.: Наука, 1975. – Т. 3. – 543 с.
13. Черненкова, Т.В. Кислица обыкновенная / Т.В. Черненкова, Н.И. Шорина // Биологическая флора Московской области. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – С. 154–171.
14. Packam, J.R. Biological flora of British Isles. *Oxalis acetosella* / J.R. Packam // – J. Ecol. 1978. – Vol.66.
15. Горышина, Т.К. О фотосинтетическом аппарате кислицы обыкновенной *Oxalis acetosella* (*Oxalidaceae*) в буковом и еловом лесах / Т.К. Горышина, Р.М. Драшкович, Т.М. Киселева // Бот. журн. – 1985. – № 9. – С. 1232–1236.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УГЛЕРОДОДЕПОНИРУЮЩЕЙ И КИСЛОРОДОПРОДУЦИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИЙ ДУБРАВЫ И ВЕТЛЯНИКА

А.И. ГОРОБЕЦ, доц. каф. лесоводства ВГЛТА, канд. с.-х. наук,
В.И. ТАРАНКОВ, проф. каф. лесоводства ВГЛТА, д-р биол. наук,
В.Н. СИЗЫХ, асп. каф. лесоводства ВГЛТА

grb@inbox.ru

Естественное циклическое изменение климата и интерференция парникового эффекта обуславливают возможность глобального потепления. В связи с этим становится актуальной проблема стабилизации газового состава атмосферы. Одним из способов решения этой задачи является мобилизация углерододепонирующей функции лесных биогеоценозов. Доля каждого отдельно взятого участка леса в газовом балансе зависит от породного состава, возраста и таксацион-

ных характеристик древостоев. В задачу нашего исследования входило выявление закономерностей поглощения углекислого газа и выделения кислорода древостоями, существенно различающимися по темпам роста и долговечности. С этой целью производили сравнение углерододепонирующей и кислородопroduцирующей функций произрастающих в типичных лесорастительных условиях древостоев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и ивы белой (*Salix alba* L.).

Таксационная характеристика древостоев

Состав древостоя	Возраст, лет/ группа возраста	Средние:		Бонитет	Полнота	Запас стволовой древесины, м ³ /га	Текущий прирост, м ³ /га*год	Индекс категории санитарного состояния
		высота, м	диаметр, см					
Дубрава								
8Д 2Гр +Яс	16/м	5	4	III	0,9	32	2,0	93
10Д Ед. Клп	46/ср	14	13	III	0,7	124	3,1	81
10Д Ед. Гр	76/пр	18	22	IV	0,7	191	2,2	78
10 Д Ед. Клп	86/сп	21	28	IV	0,7	205	1,4	68
10 Д Ед. Клп	106/пер	22	30	IV	0,5	153	-2,6	32
Ветляник								
10 Втл	5/м	3	2	III	0,9	7	1,4	95
10 Втл	15/ср	7	8	III	0,7	70	6,3	80
10 Втл	25/пр	17	16	III	0,6	230	16,0	75
10 Втл	30/сп	17	18	III	0,7	340	22,0	59
10 Втл	40/пер	21	22	III	0,6	380	4,0	55
10 Втл	45/пер	20	26	IV	0,6	390	2,0	52
10 Втл	65/пер	23	44	IV	0,3	235	-7,7	3

Примечание: Д – дуб черешчатый; Гр – груша обыкновенная; Яс – ясень обыкновенный; Клп – клен полевой; Втл – ива белая. м – молодняки; ср – средневозрастные; пр – приспевающие; сп – спелые; пер – перестойные древостои.

Как известно [7], при образовании 1 т древесины (в пересчете на абсолютно сухую массу) поглощается около 1,8 т углекислого газа, депонируется 0,5 т углерода и выделяется в атмосферу 1,4 т кислорода. Следовательно, древесные породы, отличающиеся высоким годичным приростом фитомассы, могут вносить в газовый баланс более существенный вклад по сравнению с медленно растущими породами. Дуб черешчатый – типичный представитель рода *Quercus* L. в равнинных лесах европейской части России, главная лесобразующая порода, отличающаяся высокой долговечностью, но небольшими темпами роста. Он способен произрастать на почвах разнообразного физического и химического состава, довольно широко различающихся по увлажнению и степени оподзоливания. Успешный рост дуба наблюдается на свежих и влажных, глубоких и достаточно богатых почвах: на лесных суглинках, деградированных черноземах, аллювиальных почвах пойм и долин [9]. Значительные площади занимают дубравы в сухих лесорастительных условиях. Основными местообитаниями ивы белой служат затопляемые участки поймы с близким к дневной поверхности уровнем грунтовых вод. В сравнении с большинством древесных растений умеренной зоны ивы от-

личаются достаточно интенсивной энергией роста, но сравнительно небольшой долговечностью древостоев. Ежегодный прирост ивняков достигает 10–15 т/га сырой растительной массы [2].

Объектами нашего исследования служили осоко-злаковые дубравы (эдапот D₁) на территории Новооскольского лесхоза Белгородской области и ветляники (эдапот С₄) в пойме реки Дон на территории Клетского лесхоза Волгоградской области. Древостои имеют порослевое происхождение, за исключением 16-летней дубравы, представляющей собой лесные культуры. Изучение продуктивности древостоев проводилось общепринятыми таксационными методами [8], санитарного состояния – по методике В.А. Алексева [1]. Распределение древостоев по группам возраста произведено в соответствии с возрастом их возобновительной спелости: 81 год для дубовых древостоев и 26 лет для ветляников. Для оценки запасов углерода использовали расчетно-измерительный метод [4]. Интенсивность депонирования углерода (годовой сток) рассчитывали по текущему приросту фитомассы [6]. Содержание углерода в абсолютно сухом веществе фитомассы определяли, используя конверсионные коэффициенты: 0,5 – для стволов, ветвей и корней;

0,45 – для листьев [5]. Для оценки поглощения углекислого газа и выделения кислорода применяли расчетный метод [10]. Исходные данные обработаны методами математической статистики [3]. Достоверность выводов соответствует 95-процентному доверительному уровню.

Материалы пробных площадей (табл. 1) позволяют проследить биологическую продуктивность и возрастную динамику развития древостоев. Максимальный запас стволовой древесины в осоко-злаковой дубраве (205 м³/га) отмечается в 86-летних древостоях, в ветлянике (390 м³/га) – в 45-летних.

Энергия роста древостоев объективно отражается величиной их текущего прироста по запасу. В дубраве активное его нарастание отмечается до 46-летнего возраста. Так, если принять текущий прирост запаса средневозрастных 46-летних древостоев (3,1 м³/га·год) за 100 %, то прирост в 16-летних молодняках составит 65 % (2,0 м³/га·год) от максимума, в 76-летних (приспевающих) – 71 % (2,2 м³/га·год), в 86-летних (спелых) – 45 % (1,4 м³/га·год). В перестойных древостоях величина отпада превышает прирост. В ветлянике активное нарастание запаса происходит до 30-летнего возраста, в этом возрасте текущий прирост составляет 22 м³/га·год. Прирост 25-летних (приспевающих) ветляников (16 м³/га·год) составляет 73 % от этого максимума, прирост 15-летних (средневозрастных)

– 29 %, 5-летних (молодняков) – 6 %. В ветляниках старше 30 лет отмечается существенное снижение прироста. Текущий прирост 40-летних (перестойных) древостоев, в сравнении с максимальным, составляет 18 %, 45-летних – 9 %. В возрасте более 45 лет происходит заметное разрушение древостоя, и к 65-летнему возрасту величина отпада превышает прирост. Важное значение имеет то, что на всем возрастном промежутке, от молодняков до перестойных древостоев, запас стволовой древесины и текущий прирост по запасу в ветлянике значительно выше, чем в дубраве. Максимальное значение запаса (390 м³/га) отмечается в 45-летнем ветлянике, что почти вдвое раньше, чем в дубраве (в 86 лет, 205 м³/га).

С увеличением возраста древостоев ухудшается их санитарное состояние. Согласно классификации В.А. Алексева [1] к категории здоровых, как в дубраве, так и в ветлянике, могут быть отнесены лишь молодняки, средневозрастные дубравы до 46 лет и ветляники до 15-летнего возраста. Приспевающие и спелые древостои обеих пород поврежденные, перестойные дубравы сильно поврежденные, перестойные ветляники – разрушенные. Следует отметить, что ветляники переходят в категорию поврежденных значительно раньше дубравы, а это свидетельствует о меньшей долговечности их древостоев.

Т а б л и ц а 2

Абсолютно сухая масса древостоев

Состав древостоя	Возраст, лет/ группа возраста	Фитомасса, т/га:				
		ствол	ветви кроны	корни	листья	всего
Дубрава						
8Д 2Гр +Яс	16/м	17,6	3,5	2,6	0,9	24,6
10Д Ед. Клп	46/ср	68,2	13,6	10,2	3,4	95,4
10Д Ед. Гр	76/пр	105,1	21,0	15,8	5,3	147,2
10 Д Ед. Клп	86/сп	112,8	22,6	16,9	5,6	157,9
10 Д Ед. Клп	106/пер	84,2	16,8	12,6	4,2	117,8
Ветляник						
10 Втл	5/м	2,8	0,6	0,4	0,1	3,9
10 Втл	15/ср	28,0	5,6	4,2	1,4	39,2
10 Втл	25/пр	92,0	18,4	13,8	4,6	128,8
10 Втл	30/сп	136,0	27,2	20,4	6,8	190,4
10 Втл	40/пер	152,0	30,4	22,8	7,6	212,8
10 Втл	45/пер	156,0	31,2	23,4	7,8	218,4
10 Втл	65/пер	94,0	18,8	14,1	4,7	131,6

Динамика фитомассы древостоя пропорциональна текущему приросту его запаса. В дубраве максимальную массу (157,9 т/га) древостой накапливают к 86-летнему возрасту, в ветлянике – к 45 годам (218,4 т/га). Основная масса (около 70 %) приходится на стволовую древесину (табл. 2).

Возрастные изменения фитомассы древостоев отражаются на динамике их углерододепонирующей и кислородопродуцирующей функций. Отмечается более эффективное проявление этих функций в ветлянике в сравнении с дубравой. Максимальное количество углерода (108,8 т/га) отмечается в древостое 45-летнего ветляника (табл. 3). Дубрава этого же возраста накопила углерода вдвое меньше (47,6 т/га), а максимальный запас углерода в древостое дубравы (78,6 т/га) отмечается в 86-летнем возрасте.

Вне зависимости от породного состава и возраста древостоев находится перераспределение углерода по компонентам фитомассы. Больше его количество (около 70 %) содержится в стволовой части дерева, около 15 % – в ветвях кроны, около 10 % – в корнях и около 3 % – в листьях.

Депонирование углерода сопровождается поглощением углекислого газа и выделением кислорода. Максимальное количество углекислого газа (393,1 т/га) поглощено фитомассой 45-летних древостоев ивы белой (табл. 4). К этому же возрасту названные древостой выделили и максимум кислорода (294,8 т/га). Дубравы этого же возраста поглощали углекислого газа и выделили кислорода значительно меньше – 171,9 т/га и 128,9 т/га соответственно. Величина стока углекислого газа и эмиссии кислорода в ветляниках увеличивается до 45-летнего возраста древостоев, после чего резко снижается. Увеличение этих же показателей в дубравах наблюдается до 86-летнего возраста.

Полученные в результате исследований данные позволяют оценить ежегодное поглощение углекислого газа и выделение кислорода в сравниваемых древостоях. Сток углекислого газа и эмиссия кислорода находятся в прямой зависимости от величины годичного прироста фитомассы.

В ветлянике текущий годичный прирост фитомассы увеличивается с 0,8 т/га в 5-

летних древостоях до 12,3 т/га в 30-летних, после чего вновь снижается до 1,1 т/га в 45-летних древостоях. В перестойных 65-летних ветляниках отпад превышает прирост фитомассы. Максимальное годичное поглощение углекислого газа (22,2 т/га) и выделение кислорода (16,6 т/га) отмечено в 30-летних древостоях ивы белой. В 5 – 25-летних древостоях величина поглощения углекислого газа и выделение кислорода вдвое меньше. Минимальное количество поглощенного углекислого газа (1,4 т/га за год) и выделенного кислорода (1,1 т/га за год) отмечено в 5-летних древостоях. Перестойные ветляники ежегодно поглощают углекислого газа на 7,8 т/га и выделяют кислорода на 5,8 т/га меньше, чем в предыдущий год.

В дубраве текущий годичный прирост фитомассы увеличивается с 1,5 т/га в 16-летних древостоях до 2,4 т/га в 46-летних, после чего вновь снижается до 1,1 т/га в 86-летних. В перестойной 106-летней дубраве отпад превышает прирост фитомассы. Максимальное годичное поглощение углекислого газа (4,3 т/га) и выделение кислорода (3,2 т/га) отмечено в 46-летних древостоях дуба. В 16-летней дубраве величина поглощения углекислого газа и выделение кислорода в 1,5 раза меньше. Перестойные дубравы ежегодно поглощают углекислого газа на 3,6 т/га и выделяют кислорода на 2,7 т/га меньше, чем в предыдущий год.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Породный состав и возраст древостоев оказывают существенное влияние их на продуктивность и санитарное состояние. Большой запас фитомассы характерен для ветляников, однако они, в сравнении с дубравами, менее долговечны в силу более раннего ухудшения санитарного состояния. Эффективность углерододепонирующей и кислородопродуцирующей функций древостоев находится в прямой зависимости от их фитомассы. При одинаковом с дубравами возрасте ветляники более интенсивно поглощают углекислый газ, депонируют углерод и выделяют кислород, что обусловлено более интенсивным продуцированием фитомассы. Интенсивность углерододепонирующей и кислородопродуцирующей функций в ветляниках начинает снижаться раньше, чем в дубравах.

Запас углерода в фитомассе древостоев, т/га

Состав древостоя	Возраст, лет/группа возраста	Углерод ствола	Углерод ветвей кроны	Углерод корней	Углерод листвы	Всего
Дубрава						
8Д 2Гр +Яс	16/м	8,8	1,8	1,3	0,4	12,3
10Д Ед. Клп	46/ср	34,1	6,8	5,1	1,5	47,6
10Д Ед. Гр	76/пр	52,5	10,5	7,9	2,4	73,3
10 Д Ед. Клп	86/сп	56,4	11,3	8,5	2,5	78,6
10 Д Ед. Клп	106/пер	42,1	8,4	6,3	1,9	58,7
Ветляник						
10 Втл	5/м	1,4	0,3	0,2	0,1	2,0
10 Втл	15/ср	14,0	2,8	2,1	0,6	19,5
10 Втл	25/пр	46,0	9,2	6,9	2,1	64,2
10 Втл	30/сп	68,0	13,6	10,2	3,1	94,9
10 Втл	40/пер	76,0	15,2	11,4	3,4	106,0
10 Втл	45/пер	78,0	15,6	11,7	3,5	108,8
10 Втл	65/пер	47,0	9,4	7,1	2,1	65,6

Количество депонированного углерода, поглощенного углекислого газа и выделенного кислорода фитомассой древостоев

Возраст, лет/группа возраста	Фитомасса		Запас углерода		Поглощение CO ₂		Выделение O ₂	
	в наблюдаемом возрасте, т/га	текущего прироста, т/га·год	в наблюдаемом возрасте, т/га	в текущем приросте, т/га·год	в наблюдаемом возрасте, т/га	текущим приростом, т/га·год	в наблюдаемом возрасте, т/га	текущим приростом, т/га·год
Дубрава								
16/м	24,6	1,5	12,3	0,8	44,4	2,8	33,3	2,1
46/ср	95,5	2,4	47,6	1,2	171,9	4,3	128,9	3,2
76/пр	147,1	1,7	73,3	0,8	264,7	3,1	198,5	2,3
86/сп	157,9	1,1	78,6	0,5	284,1	1,9	213,1	1,5
106/пер	117,8	-2,0	58,7	-1,0	212,1	-3,6	159,0	-2,7
Ветляник								
5/м	3,9	0,8	2,0	0,4	7,1	1,4	5,3	1,1
15/ср	39,2	3,5	19,5	1,8	70,6	6,4	52,9	4,8
25/пр	128,8	9,0	64,2	4,5	231,8	16,1	173,9	12,1
30/сп	190,4	12,3	94,9	6,1	342,7	22,2	257,0	16,6
40/пер	212,8	2,2	106,0	1,1	383,0	4,0	287,3	3,0
45/пер	218,4	1,1	108,8	0,6	393,1	2,0	294,8	1,5
65/пер	131,6	-4,3	65,6	-2,1	236,9	-7,8	177,7	-5,8

Древостой ивы белой и дуба черешчатого занимают специфические экологические ниши, поэтому не ставится задача замены дубовых древостоев ветляниками. В то же время в поймах рек сохранение ивовых древостоев целесообразно не только в связи с их водоохранными функциями, но и эффективным вкладом в газовый баланс атмосферы. С целью оптимизации экологических функций древостоев, вне зависимости от породного состава, необходимо поддержание их высокой биологической продуктивности

и удовлетворительного санитарного состояния. Одним из решений этой задачи является удаление из насаждений ослабленных, усыхающих и усохших деревьев и своевременная замена спелых и перестойных древостоев молодняками.

Библиографический список

1. Алексеев, В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
2. Ациферов, Г.И. Ива / Г.И. Ациферов. – М.: Лесн. пром-ть, 1984. – 101 с.

3. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
4. Замолодчиков, Д.Г. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам / Д.Г. Замолодчиков, А.И. Уткин, Г.Н. Коровин // Лесоведение. – 1998. – № 3. – С. 84–92.
5. Исаев, А.С. Углерод в лесных экосистемах / А.С. Исаев // Природа. – 1994. – № 7. – С. 18–21.
6. Кобак, К.И. Роль лесов в изменении содержания углерода в атмосфере (на примере Ленинградской области) / К.И. Кобак, Ю.А. Куреев, Р.Ф. Трейфельд // Лесное хозяйство. – 1999. – № 2. – С. 43–45.
7. Комиссаров, Д.А. Об учете поглощения углекислого газа и выделения кислорода лесом / Д.А. Комиссаров // Лесное хозяйство. – 1965. – № 1. – С. 51–54.
8. Лесотаксационный справочник / Б.И. Грошев, С.Г. Синицын, П.И. Мороз. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 228 с.
9. Лосяцкий, К.Б. Дуб / К.Б. Лосяцкий. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 101 с.
10. Таранков, В.И. Мониторинг лесных экосистем: учеб. пособие / В.И. Таранков. – Воронеж: ВГЛТА, 2006. – 300 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСА ПОСЛЕ СПЛОШНОЙ РУБКИ АГРЕГАТНОЙ ТЕХНИКОЙ В ЕЛЬНИКЕ ЧЕРНИЧНОМ

А.В. ТИБУКОВ, *ст. преподаватель каф. геодезии и строительного дела МГУЛ*

caf-geogis@mgul.ac.ru

В связи с различным антропогенным и техногенным воздействием на лес (сплошная рубка) академик И.С. Мелехов [1] предложил принципиальную схему динамики типов леса, в соответствии с которой возможны два пути формирования леса. При использовании технологии рубок без сохранения подроста формирование леса идет через безлесный этап – тип вырубki, а при использовании технологии лесосечных работ, предусматривающих высокую сохранность подроста, сразу образуется лесное сообщество, т.е. после рубки сохраненный подрост начинает смыкаться и в этом надо видеть начало «лесного этапа» (по Мелехову). Наши исследования осуществлялись в рамках этой схемы, в которой отражена сущность динамической типологии леса.

Вопросы образования типов вырубok, возобновления и формирования леса после сплошных рубок в течение длительного времени многими исследователями изучались на лесосеках, разработанных традиционной техникой: на валке – бензопилы, на трелевке – трактора с тросовой оснасткой. Однако длительных стационарных исследований по изучению возобновления и формирования леса в связи со сплошной рубкой агрегатной техникой в нашей стране проводится недостаточно. С этой целью в Щелковском учебно-опытном лесхозе был заложен опытный стационар для проведения рубок в спелых и перестойных

еловых насаждениях агрегатной техникой (ЛП-19+ЛТ-171, ТТ-4+ЛП-30Б).

В конце зимы 1989 г. в кв. 96 Огудневского лесничества Щелковского лесхоза были проведены рубки главного пользования (по Лесному Кодексу – рубки спелых и перестойных лесных насаждений) по пяти технологическим схемам: две – для сплошных рубок и три – для постепенных рубок. Постепенные рубки проводились для сравнительной лесоводственной оценки работы агрегатной техники на несплошных рубках.

При работе по первой технологии (I – с сохранением подроста) валочная машина разрубает объездной волок по периферии лесосеки, которая служит для заезда к новым лентам при их разработке. Валочно-пакетирующая машина в процессе работы движется только по направлению к лесовозному усу, срезая деревья впереди себя и по обеим сторонам и формируя пачку сзади себя. Трелевка пачек производится по следу машины ЛП-19 на одну погрузочную площадку.

По второй технологии (II – без сохранения подроста) валочная машина движется челночным способом. При движении как в одну, так в другую сторону (от лесовозного уса и к нему) машина срезает деревья и укладывает на вырубку в пачки под углом 30–50° к направлению трелевки. Трелевка осуществляется в одну сторону (к лесовозному усу).

Влияние рубок на сохранность подроста ели по разным технологиям (кв. 96)

Технология	Период наблюдений	Группы подроста, м; тыс. шт./га / %				Минерализация, %
		До 0,5	0,5–1,5	>1,5	всего	
I	До рубки	4,0/100	2,2/100	3,8/100	10,0/100	37
	После рубки	1,75/43	1,2/54	1,75/46	4,7/47	
II	До рубки	2,2/100	3,2/100	4,1/100	9,5/100	88
	После рубки	0,85/38	Ед.	Ед.	0,85/8,9	
III	До рубки	2,6/100	4,9/100	3,8/100	11,3/100	36
	После рубки	2,0/79	2,7/56	2,1/56	6,8/60	
IV	До рубки	3,1/100	4,2/100	1,2/100	8,5/100	33
	После рубки	1,8/58	2,1/50	0,6/50	4,5/54	
V	До рубки	4,1/100	3,8/100	1,1/100	8,0/100	32
	После рубки	2,6/63	1,4/37	0,3/27	4,3/53	

Динамика состава формирующегося древостоя после сплошных рубок по разным технологиям сплошных рубок

Технология	Состав древостоя с давностью рубки, лет		
	10	15	19
С сохранением подроста	6Е4Ос ед.Б	5Е4Ос1Б	9Е1Ос ед.Б
Без сохранения подроста	7Б1Ос1Е1Д	8Б2Еед.Ос,Д	7Б2Е1Ос ед.Д

Постепенные рубки проведены по трем следующим технологиям:

чересполосная (III) – по П.В. Алексеву (1967), интенсивность 50 %;

узколенточная (IV) с равномерной выборкой деревьев, интенсивность 30 %;

трехленточная (V) с одним волоком на три ленты (40 %).

Исходный тип леса – ельник черничный свежий (по И.С. Мелехову) [2], почва дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая. Состав древостоя 9Е1С+Б,Ос; бонитет I, полнота 0,8, запас 350 м³/га. Проективное покрытие основных представителей живого напочвенного покрова под пологом леса до рубки: черника (*Vaccinium myrtillus* L.) – до 30 %; майник (*Majanthemum bifolium*) – 4 %; вейник лесной (*Calamagrostis arundinacea*) – 0,5 %; кислица (*Oxalis acetosella* L.) – 0,5 %. Количество подроста 10 тыс. шт./га, средний возраст – 28 лет, средняя высота и диаметр 3,5 м и 4,0 см. Влияние рубок на сохранность подроста и минерализацию почвы представлены в табл. 1.

После сплошной рубки на лесосеках сформировались фрагменты различных типов вырубок, динамично развивающихся во времени и пространстве [4, 5, 8]. Размеры и соотношение этих фрагментов зависят от ис-

ходного типа леса, влияния агрегатной техники на почву и подрост в момент рубки, технологии лесозаготовок и сезона рубки.

После рубки леса по технологии без сохранения подроста первоначально образовались следующие фрагменты типов вырубок: в местах сильного уплотнения почвы – ситниковый, среднего и слабого повреждения – вейниковый, в местах огневой очистки – кипрейно-паловый. В течение нескольких лет под влиянием последующего возобновления березы и осины вейниково-ситниковый тип вырубки сменился березняком вейниковым, под пологом которого происходит последующее возобновление ели, преимущественно групповое (встречаемость 65 %). Через 19 лет после рубки сформировался березняк разнотравный с составом 7Б2Е1Ос ед.Д, общее количество подроста под пологом березы – 2,74 тыс.шт./га, состав – 68Е21Б8Ос3Д, средняя высота ели 1,12 м, березы – 11,5 м. Встречается ива, но она к настоящему времени сильно отпадает.

После рубки леса по технологии с сохранением подроста наибольшее повреждение почвы наблюдалось на волоках, в местах разворота техники и на магистральном волоке. В сильно уплотненных местах по дну

колеи разрастается ситник развесистый, сменяемый затем щучкой; на волоках и в местах разворота преобладает щучка и вейник; в местах с неповрежденной почвой без подроста и подлеска формируется вейниковый тип вырубki; под пологом сохраненного подроста покров не изменился, но в течение нескольких лет при увеличении сомкнутости крон сохраненного подроста живой напочвенный покров сменяется мертвым покровом. Последующее возобновление березы, осины и ели приурочено в основном к открытым местам. Динамика численности этих пород зависит от размеров открытых участков, плотности верхнего слоя почвы и разрастания травянистой растительности на них. Через 19 лет после рубки в связи с увеличением высоты сохраненного елового подроста, произрастающего по краям волоков светолюбивые береза и осина стали интенсивно отпадать, рост их замедлился, и в настоящее время диаметр на высоте 1,3 м не превышает 8 см. Вейниковый тип вырубki на втором участке был представлен мелкими фрагментами, которые сохранились только на магистральном волоке (ширина 10 м), однако и там они трансформировались в березняк вейниковый.

Через 19 лет после сплошной рубки с сохранением подроста на месте второго участка сформировался исходный тип леса – ельник-черничник свежий, состав – 9Е1Ос ед.Б, средний диаметр ели – 12,1 см, средняя высота – 13,5 м. Под пологом формирующегося леса преобладает ель последующей генерации, состав подроста – 78Е6Б14Ос2Д, густота – 7,3 тыс. шт./га. Подрост лиственных пород угнетен и приурочен к окнам. Еловый подрост представлен в основном мелкой категорией, более крупный подрост ели отпадает в связи с высокой сомкнутостью древесного полога, оставшегося в процессе рубки подроста ели. На втором участке также преобладает групповое размещение елового подроста последующего возобновления, в основном на волоках, в местах разворота техники и на магистральном волоке.

Изменение состава древостоя в течение 19 лет представлено в табл. 2. Снижение доли ели на участке с сохраненным подростом связано с выходом в верхний полог быс-

трорастущих лиственных пород. Увеличение доли ели связано с изреживанием осины и березы на трелевочных волоках. Позиции лиственных пород сохраняются на магистральном волоке и в местах разворота техники.

Плотность верхнего слоя почвы (0–10 см) определяет возобновление леса, рост и развитие елового подроста. Значение плотности почвы в жизни древесных пород показана в работах Л.М. Козловой, Ю.В. Блиева (1974), Соколовской и др. (1977). Ими выявлена оптимальная плотность супесчаных и суглинистых почв для роста семян и саженцев ели обыкновенной – 1,15–1,28 г/см³, а также показатели плотности, отрицательно влияющие на их рост – 1,30–1,34 г/см³ и резко отрицательно влияющие на всхожесть семян – 1,45 г/см³ и выше.

Увеличение плотности почвы зависит не только от количества проходов лесозаготовительной техники, технологии рубки, близости погрузочной площадки, но и от рельефа участка. Так, на участке без сохранения подроста перепад высот составляет более 3 м (высшая отметка – 176,02 м, нижняя отметка – 172,91 м), уклон общий на всем участке менее 4 %, но в дальней части лесосеки уклон местности составляет более 10 %, при этом диаметр растущих здесь деревьев – 70 см на высоте груди. При рубке и трелевке в таких условиях увеличивается нагрузка на почву из-за пробуксовки техники. Плотность почвы (табл. 3) на участках сплошных рубок зависит от расстояния трелевки и закономерно увеличивается от дальней части вырубki к погрузочной площадке. Неповрежденная почва расположена только под пологом сохранившегося елового подроста (на этом участке всего две биогруппы сохраненного подроста ели).

Некоторое увеличение плотности почвы на участке с сохранением подроста связано с прохождением трелевочной техники только по волокам, в то время как на участке без сохранения подроста изменение плотности при бессистемной трелевке более равномерно по всей площади лесосеки.

Через 19 лет после рубки по технологии с сохранением подроста на большей части участка происходит восстановление покрова, характерного для исходного типа леса (табл. 4).

Т а б л и ц а 3

Динамика плотности верхнего слоя почвы на участках сплошной рубки

Технология лесосечных работ	Местоположение части волока (от погрузочной площадки)	Плотность почвы, г/см ³ , по годам			
		1989	1993	1995	2008
С сохранением подроста	дальняя	0,80	1,29	1,27	1,06–1,13
	средняя		1,56	–	1,05
	ближняя		1,60–1,67	–	1,16
	неповрежд.		0,73	–	0,77–0,93
Без сохранения подроста	дальняя	0,80	0,97	0,85	0,95
	средняя		1,30	1,02	0,97
	ближняя		1,50	1,12	1,13–1,27
	неповрежд.		0,77	0,81	0,70–0,93

Т а б л и ц а 4

Живой напочвенный покров через 19 лет после рубки

Растение	Проективное покрытие по технологиям			
	без сохранения подроста		с сохранением подроста	
	проективное покрытие, %	встречаемость, %	проективное покрытие, %	встречаемость, %
Черника	–	–	4,1	25,0
Брусника	–	–	Ед.	5,0
Кислица	0,3	30	Ед.	5,0
Щучка	4,3	70	–	–
Осока	4,0	25,0	1,1	10,0
Папоротник	1,4	60,0	1,0	25,0
Вейник	10,2	90,0	1,3	25,0
Звездчатка	3,8	90,0	0,9	25,0
Другие виды	2,8	–	0,4	–
Итого	26,8	–	8,7	–
Зеленые мхи	0,1	10,0	29,8	90,5

Т а б л и ц а 5

Основные показатели биогрупп ели последующего возобновления по условиям размещения

Категория биогрупп ели	Ранговое положение дерева	Возраст, лет	Высота, м	Объем кроны, м ³	Площадь биогруппы, м ²	Число особей/число групп/га шт.
Открытая I	I	16	258	1,49	1,60	8/150
	II	16	128	0,31		
	III	16	101	0,12		
	IV	14	80	0,06		
Частично открытая II	I	19	192	1,58	3,52	9/350
	II	19	160	1,02		
	III	16–19	95–98	0,35		
	IV	14–16	66–81	0,10		
Закрытая III	I	14	121	0,17	2,21	7/210
	II	14	97	0,08		
	III	14	71	0,03		
	IV	11–14	69	0,02		

Таким образом, под влиянием совокупности техногенных и экологических факторов происходит формирование леса, тесно связанное с возобновлением древесной растительности, которое представлено как одиночным подростом, так и групповым.

Анализ горизонтальной структуры древостоев исключительно важен для познания биологии леса и законов его устойчивости. На это указывал Г.Ф. Морозов [3], когда писал о том, что необходимо выяснить биологическое значение структуры леса в

связи с групповым размещением подроста (с. 91).

Все имеющиеся в литературе [6] высказывания о группах деревьев сходятся только в одном отношении – в признании тесного взаимодействия деревьев внутри группы. Вопрос о характере формирования групп изучен мало, что объясняется недостатком фактического материала. Решение этого вопроса позволит решать практические задачи по проектированию рубок ухода не только для получения дополнительной древесины, но и с целью формирования более устойчивых и ценных насаждений. Как указывал Г.Ф. Морозов, только «групповая структура, и по возрасту, и по породам, создает лесу большую устойчивость, большую консервативность формы и постоянство внутренней среды» и только в разновозрастных древостоях обеспечивается высокое качество древесины [3].

Одиночно расположенный еловый подрост в тесном окружении лиственных пород можно рассматривать как смешанную по составу биогруппу. Исследование роста ели в таких биогруппах показало следующую тенденцию: чем меньше расстояние до лиственных пород, тем меньше высота ели.

Резко изменившиеся экологические условия на вырубке обуславливают преимущественно групповое возобновление ели, которое можно рассматривать как адаптивный механизм в борьбе с отрицательными воздействиями повышенной инсоляции, заморозков, сухости воздуха и почвы. Групповорасположенный подрост ели предварительной генерации успешно конкурирует с лиственными породами за выход в верхний ярус. Безусловно, влияние полога березы можно рассматривать как защитное, но только в начальный период восстановления хвойных пород. Для выявления особенностей формирования биогрупп ели под влиянием окружающих лиственных пород был проведен анализ роста и развития всех особей группы.

При изучении биогрупп ели на рубках они были разделены нами на следующие категории по условиям размещения:

открытые (I) – биогруппы, растущие на открытых местах и в окнах, значительно превышающих площадь биогрупп;

частично открытые (II) – биогруппы, растущие в окнах лиственного или хвойного полога;

закрытые (III)– биогруппы, растущие под пологом светолюбивых пород или под разреженным пологом темнохвойных пород, а также под смешанным пологом невысокой сомкнутости.

Биогруппы ели, возникшие под еловым пологом высокой сомкнутости, как правило, быстро отмирают.

Деревья, произрастающие в группе, различаются по высоте и объему кроны, т.е. каждое из них имеет определенный ранг или положение. Для определения рангового положения дерева использовалась классификация Крафта (табл. 5). Распределение числа особей группы по классам может быть различно, кроме первого; в этом классе всегда только одно дерево-доминант [9]. Отнесение к IV классу отставших в росте деревьев биогруппы не совсем корректно, т.к. эти деревья подселились позднее и анализ хода роста в высоту показывает их высокий потенциал для перехода во II или III класс. Поэтому их можно классифицировать как резервные деревья. Явное угнетение и отпад таких деревьев связан с дальнейшим увеличением сомкнутости общего группового полога, что происходит через 20–30 лет после возникновения группы.

Анализ хода роста ели в биогруппе показывает, что дифференциация особенно четко проявляется с 6 до 12 лет. Для анализа не использовались всходы, самосев и мелкий подрост, т.к. они подселились позднее и их влияние в группе пока незначительно.

Соотношение категорий на участках сплошных рубок примерно следующее: на участке без сохранения большая часть (95 %) биогрупп относится к категории закрытых, остальные – ко второй; на участке с сохранением подроста преобладают частично открытая и открытая категории биогрупп. Образование биогрупп закрытого типа на участке с сохранением подроста затруднено из-за высокой сомкнутости елового полога. Количество особей в биогруппе может быть различно – от 2 до 20–30 шт., но чаще всего – 8–10 шт. Площадь биогрупп зависит от количества деревьев, их составляющих. Для обозначения

количества подроста на 1 м² было введено понятие «локальная густота био группы». Совокупность двух и более био групп можно определить термином «био куртина».

Сравнивать био группы по росту возможно по деревьям одинакового ранга или по средней высоте (всходы, самосев и мелкий подрост не учитывались). Коэффициент вариации по высоте деревьев в био группе достигает 40–45 %. Чтобы отнести био группы к одной совокупности, необходимо выяснить, значимо ли различие между выборочными средними по критерию Стьюдента [7]. Сравнение средних значений по высоте второй и третьей категорий био групп на обоих участках показало, что различие несущественно ($0,24 < t_{0,05} = 2,3$). На участке с сохранением подроста различие между первой и второй категорией также несущественно ($0,38 < t_{0,05} = 2,3$). Сравнение первой категории и третьей категории показало, что различие между ними существенно ($3,48 > t_{0,05} = 2,3$).

Итак, после проведения сплошных рубок агрегатной техникой по разным технологиям в одном и том же исходном типе леса формируются различные типы вырубок, которые определяют ход последующего возобновления и формирования леса: на участке без сохранения подроста происходит смена пород, и формируется березняк разнотравный; на участке с сохранением подроста

смены пород не происходит, и формируется ельник черничный свежий. Установленные закономерности формирования леса после сплошных рубок агрегатной техникой в ельнике черничном свежем могут стать природной основой для целенаправленного формирования древостоя рубками ухода.

Библиографический список

1. Мелехов, И.С. Лесоведение / И.С. Мелехов. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 408 с.
2. Мелехов, И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 302 с.
3. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – М.-Л.: Сельколхозгиз, 1931. – 438 с.
4. Обыденников, В.И. Смена растительного покрова в ельниках после сплошных рубок агрегатной техникой / В.И. Обыденников, А.В. Тибуков // Лесоведение. – 1996. – № 2. – С. 3–12.
5. Обыденников, В.И. Экспериментальные рубки главного пользования на базе агрегатной техники в еловых насаждениях Московской области / В.И. Обыденников, А.П. Титов, А.В. Тибуков // Научные труды. Вып. 223. – М.: МЛТИ, 1990. – С. 5–10.
6. Проскуряков, М.А. Горизонтальная структура горных темнохвойных лесов / М.А. Проскуряков. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 216 с.
7. Гусев, И.И. Дисперсионный анализ / И.И. Гусев. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1986. – 32с.
8. Тибуков, А.В. Формирование живого напочвенного покрова и возобновление леса после сплошных рубок / А.В. Тибуков // Научные труды, Вып. 274. – М.: МГУЛ, 1995. – С. 104–108.
9. Цветков, В.Ф. Лесной биогеоценоз / В.Ф. Цветков. – Архангельск, 2004. – 267 с.

БРИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ СРЕДЫ ВБЛИЗИ ОБЪЕКТА ХРАНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ (ОХХО) БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.М. ШМАТОВА, *соискатель каф. садово-паркового и ландшафтного строительства БрГИТА*,
Л.Н. АНИЩЕНКО, *доц. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства БрГИТА*,
канд. биол. наук,
Е.Н. САМОШКИН, *проф. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства БрГИТА*,
д-р биол. наук

bgita kaf spls@yandex.ru

Как известно, любой техногенный объект оказывает определенное влияние на окружающую среду. ОХХО, расположенный вблизи г. Почапа Брянской области, являясь уникальным техногенным объектом, несет в себе по-

тенциальную угрозу для окружающей среды. В связи с этим целью исследования, помимо бриоиндикационной оценки компонентов среды вблизи объекта, являлось изучение степени его влияния на окружающую экосистему.

Коэффициенты флористического сходства Серенсена-Чекановского

	Контрольная ПП	ПП 1	ПП 2	ПП 3
Контрольная ПП	–	0,62	0,69	0,67
ПП 1	0,62	–	0,83	0,70
ПП 2	0,69	0,83	–	0,80
ПП 3	0,67	0,70	0,80	–

Среди высших растений мохообразные – одни из чувствительных компонентов фитоценозов, которые считаются лучшими индикаторами почвенных и атмосферных загрязнителей [4–6, 8–12]. Поэтому в качестве объекта исследования были выбраны мохообразные как аккумуляторы элементов и их соединений и лучшие индикаторы общего загрязнения атмосферы.

Состояние отдельных видов бриофитов и их сообществ изучалось в средневозрастном лещиново-костяничном сосняке класса *Vaccinio Piceetea* Br.-Bl. 1939, союза – *Dicrano-Pinion sylvestris* Matuszkiewicz 1962, ассоциации – *Dicrano-Pinetum sylvestris* Preising et Knapp ex Oberdorfer 1957, субассоциация – *quercetosum roboris* [2]. В 2006 г. в Семячковом участковом лесничестве ГУ «Почепское лесничество» были заложены пробные площади (ПП) на расстоянии 700 (ПП 1), 1000 (ПП 2) и 1500 (ПП 3) м от объекта в зоне действия преобладающих в районе западных ветров, а также контрольная ПП на значительном удалении: кв. 2 Октябрьского участкового лесничества. Естественная освещенность в сообществах – 20... 40 % от открытых мест. Сомкнутость полога на всех ПП – около 0,7, фитоценозы – одноярусные.

Следует отметить, что общее проективное покрытие травянистых растений по шкале J. Braun-Blanquet на ПП 1, ПП 2, ПП 3 – 20 %, что ниже, чем на контрольной ПП, – 30 %. Дендрит сходства на основе коэффициента Серенсена-Чекановского показал относительную однородность всех ПП, выбранных для исследования (табл. 1). Таким образом, влияние абиотических и биотических факторов на бриофлору и бриогруппировки можно считать вторичным.

На ПП проведено геоботаническое описание растительности, оценена степень участия бриофитов в сложении напочвен-

ного яруса и покрытия стволов деревьев по шкале J. Braun-Blanquet [7]. Названия мохообразных даны по М.С. Игнатову, О.М. Афоной [3].

Напочвенный моховой покров представлен следующими видами: на ПП 1 – *Atrichum undulatum* Hedw., *Sanionia uncinatis* Hedw., *Brachythecium salebrosum* Web. et Mohr., *Plagiomnium cinclidioides* Hueb., *Pylaisia polyantha* Hedw., *Plagiothecium laetum* Schimp. (6 видов); на ПП 2 – *Plagiothecium laetum*, *Pylaisia polyantha*, *Ortodicranium montanum* Hedw. (3 вида); на ПП 3 – *Plagiothecium laetum*, *Plagiomnium cinclidioides*, *Brachythecium salebrosum*, *Pylaisia polyantha* (5 видов); на контрольной ПП – *Metzgeria conjugata* Hedw., *Dicranum scoparium* Hedw., *Ortodicranium montanum*, *Brachythecium salebrosum*, *Pylaisia polyantha*, *Sanionia uncinatis*, *Plagiothecium laetum* (7 видов).

Анализируя видовой состав, следует отметить, что бриофлору ПП объединяют сходные виды: *Pylaisia polyantha*, *Plagiothecium laetum*. Самый разнообразный видовой состав – на контрольной ПП, на ПП 2 (1000 м) отмечено наименьшее число видов. *Plagiomnium cinclidioides* встречается на ПП 1 (700 м), ПП 3 (1500 м). *Brachythecium salebrosum* обнаружен на ПП 1, ПП 3 и в контроле, *Ortodicranium montanum* – на ПП 2 и в контроле, *Atrichum undulatum* – на ПП 1, *Metzgeria conjugata*, *Dicranum scoparium* – только в контроле. Указанные виды бриофитов объединены в напочвенные полигруппировки следующего состава: ПП 1: *Atrichum undulatum* – *Sanionia uncinatis*, ПП 2: *Pylaisia polyantha*, ПП 3: *Brachythecium salebrosum* – *Pylaisia polyantha*, контрольная ПП: *Dicranum scoparium* – *Brachythecium salebrosum*-*Sanionia uncinatis*. Жизнеспособность всех зарегистрированных видов – удовлетворительная, спороношение – обильное.

Степень покрытия мохообразными (%) модельных деревьев на ПП

Проективное покрытие бриофитов, %							
Контрольная ПП		ПП 1		ПП 2		ПП 3	
2006 г.	2007 г.	2006 г.	2007 г.	2006 г.	2007 г.	2006 г.	2007 г.
31,38	34,50	18,43	21,29	32,0	33,4	45,44	48,0

Для исследования использованы эпифитные виды как наиболее чувствительные к общему загрязнению атмосферы. На деревьях сосны были заложены пробные площадки. На контрольной ПП обнаружено 5 видов, на ПП 1 – 3, на ПП 2 – 2, на ПП 3 – 3. Среднее проективное покрытие видов в 2006 и 2007 гг. на ПП 1 – ниже контроля, на ПП 2 – на уровне контроля, на ПП 3 – выше контроля (табл. 2). За год площадь проективного покрытия на контроле увеличилась на 3,12 %, на ПП 1 – на 2,86 %, на ПП 2 – на 1,60 %, на ПП 3 – на 2,46 %. Эти изменения связаны с развитием фитоценозов, обусловлены внешними абиотическими факторами. Наибольший вклад (как доминанты) в проективное покрытие вносят *Sanionia uncinatis* и *Brachythecium salebrosum*. *Metzgeria conjugata* встречается только на контрольной ПП, этот эпифитный вид плохо переносит условия загрязнения [8], поэтому в дальнейшем его рекомендуется использовать как биоиндикатор и биотест.

Анализ результатов показал, что на ПП 1 (700 м) отмечено самое малое проективное покрытие, на ПП 2 (1000 м) – наименьшее число видов бриофитов на деревьях сосны и в напочвенном покрове. По мере удаления от ОХХО (до 1500 м) возрастает степень проективного покрытия мохообразными деревьями сосны.

Таким образом, проведенные исследования выявили обратную зависимость степени угнетения бриофитов от расстояния до ОХХО, что подтверждает выдвинутую гипотезу о непосредственном влиянии объекта на компоненты окружающей среды в районе его расположения и позволяет сделать вывод, что данное негативное воздействие не распространяется на расстояние, превышающее 1000.

Для более детального выяснения влияния ОХХО на рост мохообразных необходим ежегодный биомониторинг.

Библиографический список

1. Анищенко, Л.Н. Бриофлора и бриорастительность Брянской области: биоэкологические, зоологические и фитоиндикационные аспекты / Л.Н. Анищенко. – Брянск: РИО БГУ, 2007 – 200 с.
2. Булохов, А.Д. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России / А.Д. Булохов, А.И. Соломещ. – Брянск: БГУ, 2003. – 359 с.
3. Игнатов, М.С. Список мхов территории бывшего СССР / М.С. Игнатов, О.М. Афонина // *Арктоа*. – 1992. – Т. 1. – № 1–2. – С. 1–85.
4. Лобачевская, О.В. Внутривидовые различия у мхов к токсическому действию тяжелых металлов / О.В. Лобачевская, О.Т. Демкив, Н.А. Кит // *Цитология*. – 1991. – № 33. – С. 112–113.
5. Нифонтова, М.Г. Лихено- и бриоиндикация радиоактивного загрязнения среды / М.Г. Нифонтова: автореф. дисс. ... д-р биол. наук. – Пермь: Пермский госуниверситет, 2003. – 50 с.
6. Тамм, К. Мхи как аккумуляторы некоторых химических элементов. / К. Тамм, Л. Каннукене // *Лихеноиндикация состояния среды*. – Таллинн, 1978. – С. 31–37.
7. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde / J. Braun-Blanquet. – 3Auffl. – Wien-New York: Springer-Verlag, 1964. – 865 s.
8. Cuny, D. Biomonitoring of trace elements in air and soil compartments along the major motorway in France / D. Cuny, C. van Haluwyn, R. Pesch // *Water, Air and Soil Pollution*, 2001. – V. 125. – № 1-4. – P. 273–289.
9. Lippo, H. The use of moss, lichen and pine bark in the nationwide monitoring of atmospheric heavy metal deposition in Finland / H. Lippo, J. Poikolainen, E. Kubin // *Water, Air and Soil Pollution*, 1995. – V. 85. – № 4. – P. 2241–2246.
10. Martin, M.N. Biological monitoring of heavy metal pollution. / M.N. Martin, P.J. Coughtrey // *Applied Science Publishers*. – London, 1982. – 476 p.
11. Puckett, K.J. Bryophytes and lichens as monitors of metal deposition / K.J. Puckett // *Lichens, Bryophytes and Air Quality*. Т.Н. Nash, V. Wirth – eds. J. Cramer. – Berlin-Stuttgart, 1988. – S. 231–267.
12. Wittig, R. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants / R. Wittig // *Plants as biomonitors*. В. Markert – sd. CH Verlagsges., Weinheim, etc., 1993. – P. 3–27.

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ХВОИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СВЯЗИ С ОБЕСПЕЧЕННОСТЬЮ БОРОМ

Н.П. ЧЕРНОБРОВКИНА, доц. каф. ботаники и физиологии растений ПетрГУ, д-р биол. наук,
О.С. ДОРОФЕЕВА, асп. Института леса КарНЦ РАН,
Е.В. РОБОНЕН, ведущий. физик Института леса КарНЦ РАН

chernobrovkina@krc.karelia.ru, er51@bk.ru

В условиях Северо-Запада России и скандинавских стран отмечается дефицит азота и бора для роста растений, и в частности, – хвойных [1, 16]. У древесных растений дефицит азота и бора отражается на их росте и развитии. Особенно значительно недостаток азота и бора снижает рост сеянцев хвойных пород при выращивании в открытом грунте, поскольку из почвы лесных питомников вместе с посадочным материалом ежегодно изымаются и элементы минерального питания (ЭМП). Для эффективного внесения в почву ЭМП необходимы сведения по диагностике минерального питания растений. Ранее был предложен способ диагностики обеспечения азотом хвойных растений по активности фермента глутаминсинтетазы в хвое и корнях [1]. Способ позволяет определять точную дозу азотной подкормки, обеспечивающую максимальный прирост биомассы растений в период роста в конкретных климатических и экологических условиях. Способ диагностики обеспеченности бором растений в настоящее время не выявлен. Микроэлемент оказывает положительное влияние на рост древесных растений в очень узком диапазоне концентраций в почве [2]. Данные по содержанию бора в органах сеянцев хвойных растений не позволяют диагностировать обеспеченность микроэлементом хвойных растений в период их роста [3]. Необходимо искать качественно новые критерии диагностики обеспечения бором растений. Одним из направлений исследований является изучение физиолого-биохимических показателей растений в связи с различной обеспеченностью бором.

Механизмы использования бора древесными растениями остаются слабо изученными. В растениях бор может находиться в свободной форме – $B(OH)_3$, $B(OH)_4$ – и в виде комплексов с органическими соединениями. В клетке большая его часть представлена комплексными соединениями с полисахаридами клеточной стен-

ки. До 80 % бора клеточных стенок связано с пектиновым полисахаридом – рамногалактуронаном–II [17]. В отличие от микроэлементов-металлов бор не является компонентом или активатором ферментов; тем не менее он оказывает влияние на метаболизм азотных и фенольных соединений, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот, ауксинов, на формирование структуры клеточных стенок и регуляцию процессов роста и развития растений [1, 3–8, 17, 18].

В истории исследований функциональной активности бора у растений выдвигались гипотезы, касающиеся роли бора в различных метаболических процессах. Согласно одной из гипотез отмирание точек роста растений при борном голодании происходит в результате отравления тканей накапливающимся аммиаком [4]. Предполагалось, что при дефиците бора у растений происходит снижение интенсивности синтеза аминокислот и белков, вызванного нарушением структуры полисом и деградации рибосом. Исследование аминокислотного состава в связи с обеспеченностью бором хвойных растений ранее не проводилось, в то время как изменение аминокислотного состава в растительных тканях приводит к изменению процессов синтеза белка, функциональной активности ферментов, клеточных мембран и тем самым регулирует рост и развитие растений.

Следует отметить, что в естественных условиях в зависимости от почвообразующих горных пород и климата отмечаются как дефицит, так и избыток бора для роста растений [16, 20].

Целью данной работы было исследование аминокислотного состава хвои сеянцев сосны обыкновенной в связи с их обеспеченностью бором.

Объектом исследования были двухлетние сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (480 шт. м⁻²), которые выращивали в лесном питомнике Петрозаводского лесхоза

в южной части Карелии. Супесчаные почвы питомника характеризовались оптимальной для роста семян хвойных растений кислотностью (рН водн. 5,2), недостаточностью бора (0,0009 % от сухой почвы) и сбалансированным содержанием остальных ЭМП [1].

В мае было заложено 3 варианта опыта, которые отличались обеспеченностью бором семян сосны. Для каждого варианта были выбраны изолированные участки площадью 1,5 м² в трех повторностях. В первой половине вегетационного периода (5 июня, 24 июня, 15 июля) вносили бор в виде водного раствора борной кислоты в двух дозах – 0,3 и 10 г м⁻². За контроль был принят вариант, в котором борную кислоту в почву не вносили. В течение вегетационного периода проводили рыхление и полив почвы, измеряли показатели кислотности почвы, которые были в пределах рН водн. 5.0. Спустя неделю, а также 3 месяца после проведения последней подкормки семена отбирали для определения их сухой массы. Анализ содержания азота, бора и аминокислотного состава хвои проводили в июле. Для фиксации растительного материала использовали метод лиофилизации.

Анализ ЭМП в почве проводили спектрофотометрическим и плазменно-фотометрическими методами [9]. Содержание бора в растительных и почвенных образцах анализировали спектрофотометрически [3]. Общий и белковый азот в хвое определяли общепринятым для хвойных растений методом [10]. Извлечение аминокислот из тканей осуществляли по методу Плешкова [11]. Очистку экстракта от сахаров проводили на колонке с катионитом (смола КУ-2). Аминокислотный состав хвои определяли с помощью автоматического аминокислотного анализатора ААА-339. Перед введением в анализатор упаренный экстракт растворяли в цитрат-литиевом буфере (рН 2,2). Разделение аминокислот проводили в различных системах буферных растворов, состоящих из пяти компонентов. Введенные смеси сорбировали на ионообменной смоле колонки. Затем каждую из аминокислот вымывали буферными растворами в определенной последовательности с последующей обработкой нингидрином и регистрацией спектрофотометрическим детектором в видимой области спектра. Идентифицировали

аминокислоты по времени удерживания аминокислоты на сорбенте. Перед анализом проводили калибровку прибора путем разделения стандартной смеси аминокислот, содержащей по 2,5 мкл каждой из них в 1 мл стандартного раствора. Далее для каждой из аминокислот рассчитывали среднюю (из пяти измерений) площадь регистрируемого сигнала, приходящуюся на 1 нм, и получали константы для количественной оценки содержания аминокислот в опытных образцах. Общее содержание аминокислот высчитывали суммированием. В таблицах и на рисунке приведены средние значения из трех биологических повторностей и их стандартные ошибки. Для определения сухой массы семян использовали по 100 растений в каждом варианте эксперимента.

Результаты исследований показали, что внесение в почву лесного питомника борной кислоты в дозе 0,1 г м⁻² повышало сухую массу семян на 25 % по сравнению с контролем (без внесения борной кислоты в почву) (табл. 1). Это свидетельствовало о том, что почва характеризовалась дефицитом микроэлемента для оптимального роста семян. Исследования роста семян сосны обыкновенной в связи с обеспеченностью бором в условиях низкого и высокого фонов минерального питания лесного питомника были проведены ранее [3]. Стимулирующие рост семян дозы борной кислоты были различны в зависимости от фона минерального питания – в условиях низкого фона минерального питания ниже по сравнению с высоким. Большая часть бора локализовалась в хвое, где его содержание изменялось под воздействием обеспеченности бором растений в наибольшей степени по сравнению с другими органами. Внесение в почву азота и других макро- и микроэлементов способствовало снижению поступления бора в хвою. В литературе отмечается, что в обеспечении бором древесных растений большое значение имеют почвенные условия – повышенное содержание в почве ионов NH₄⁺, Fe³⁺, Al³⁺ и повышение рН почвы при известковании способствуют закреплению бора почвенными частицами [16]. Пониженный уровень бора в хвое высокообеспеченных ЭМП семян объясняется также повышенной массой растений, у которых отмечается эффект разбавления микроэлемента.

Т а б л и ц а 1

Физиолого-биохимические показатели сеянцев сосны обыкновенной в связи с обеспеченностью бором

	Доза борной кислоты, г м ⁻²								
	0			0,1			10		
Сухая масса сеянца, мг	814	±	29	1018	±	42	349	±	31
Содержание бора в хвое, мг кг ⁻¹ сухого вещества	18,3	±	1,5	36,4	±	3,1	152,1	±	14,6
Содержание общего азота в хвое, % от сухого вещества	1,8	±	0,1	2,2	±	0,2	1,6	±	0,1
Содержание белкового азота в хвое, % от сухого вещества	1,7	±	0,1	2,0	±	0,2	1,5	±	0,1
Содержание небелкового азота в хвое, % от сухого вещества	0,10	±	0,01	0,20	±	0,02	0,10	±	0,01

Т а б л и ц а 2

Содержание свободных аминокислот в хвое сеянцев сосны обыкновенной в связи с обеспеченностью бором (мкг г⁻¹ сухого вещества)

Аминокислота	Содержание бора в хвое, мг кг ⁻¹ сухого вещества								
	18,3			36,4			152,1		
(Glu) глутаминовая кислота	125	±	11	203	±	18	107	±	10
(Arg) аргинин	103	±	9	128	±	11	27	±	2
(Lys) лизин	64	±	6	40	±	4	20	±	2
(OH-Lys) OH – лизин	56	±	5	77	±	7	53	±	5
(Ala) аланин	54	±	5	87	±	8	42	±	4
(Phe) фенилаланин	51	±	4	26	±	2	24	±	2
(Asp) аспарагиновая кислота	50	±	4	89	±	8	59	±	5
(Pro) пролин	49	±	4	47	±	4	41	±	3
(Leu) лейцин	47	±	4	44	±	4	20	±	2
(Ser) серин	40	±	3	53	±	5	48	±	5
(Gly) глицин	34	±	3	23	±	2	28	±	2
(His) гистидин	33	±	3	25	±	2	17	±	2
(Val) валин	31	±	3	44	±	4	18	±	2
(Thr) треонин	23	±	2	37	±	4	23	±	2
(Ile) изолейцин	19	±	2	26	±	2	8,0	±	0,7
(Cys) цистин	11	±	1	6,1	±	0,5	19	±	2
(EA) этаноламин	11	±	1	15	±	1	6,0	±	0,5
(Tyr) тирозин	9	±	1	10	±	1	9	±	1
(Orn) орнитин	7,2	±	0,6	7,1	±	0,6	5,0	±	0,4
(Met) метионин	1,3	±	0,1	7,2	±	0,6	5,2	±	0,4
Сумма	818			994			579		

Внесение в почву борной кислоты повышало содержание бора в хвое в соответствии с величинами доз бора (табл. 1). Судя по массе сеянцев, повышенная интенсивность роста их отмечалась при содержании бора в хвое 36,4 мг кг⁻¹ сухого вещества. В зависимости от условий минерального питания содержание бора в органах сеянцев может варьировать в широком диапазоне (6–461 мг кг⁻¹ сухого вещества) [3]. Содержание бора в хвое – 20–60 мг кг⁻¹ сухого вещества благоприятно для роста хвойных насаждений. Оно не должно превышать 100 мг кг⁻¹. При содержании бора свыше 200 мг кг⁻¹ сухой хвои отме-

чаются некрозы и хлорозы. Характерное для избытка бора желто-бурое окрашивание хвои при высокой дозе борной кислоты (10 г м⁻²) в данном эксперименте указывало на ее токсичность для растений. При этом содержание бора в хвое составило 152,1 мг кг⁻¹ сухого вещества. Признаки токсичного влияния бора у сеянцев проявляются особенно значительно в условиях низкого фона минерального питания по сравнению с высоким [3].

При оптимизации борного обеспечения сеянцев сосны происходило повышение содержания общего, белкового, небелкового азота, а также суммы свободных аминокислот

в хвое соответственно в 1,20, 1,17, 2,0 и 1,21 раз (табл. 1, 2). Поскольку наряду с увеличением содержания суммы свободных аминокислот в хвое отмечалось повышение уровня белкового азота, то можно заключить об интенсификации синтеза белков и аминокислот при оптимизации борного питания растений. При оптимизации борного питания сахарной свеклы отмечалась активация использования аминокислот в процессе синтеза белков и других органических соединений в листьях, а также усиление оттока аминокислот в корни [5]. При недостатке бора у растений отмечается снижение содержания белка, повышение количества небелкового азота, накопление аммиачного азота [4, 5, 18, 19]. В связи с тем, что при дефиците бора у растений отмечались повышение содержания растворимых форм азота и уменьшение уровня белка, авторы предположили, что дефицит бора либо подавляет синтез белка, либо усиливает его распад. Высказывалось также предположение, что точки роста при недостатке бора отмирают из-за отравления тканей накапливающимся аммиаком [19]. При недостатке бора процесс связывания поступившего в растение минерального азота в органические соединения задерживается, вследствие чего в растении накапливается растворимый азот. В клетках корней бор-дефицитных растений практически отсутствовали полисомы и происходила деградация рибосом [4]. Снижение содержания ДНК-подобных РНК и р-РНК, как и разрушение полисом, связано с высокой активностью РНК-азы, наблюдающейся при борной недостаточности. Предполагается, что регуляция активности РНК-азы является одной из важнейших функций бора. Усиление активности РНК-азы у растений при дефиците бора коррелировало со снижением содержания белка и распадом т-РНК. Предположительно, при борной недостаточности происходит не только снижение интенсивности биосинтеза белка, но и нарушение спецификации белковых синтезов.

У контрольных семян сосны из всех аминокислот в максимальном количестве содержатся глутаминовая кислота и аргинин (табл. 2). Глутаминовая кислота занимает центральное место в обмене аминокислот

растений, синтезируется активнее, чем другие аминокислоты, и является универсальным донором и акцептором аминокислотной группы и углеродного скелета в превращениях азотных соединений [12]. Глутамат синтезируется с участием глутаматсинтазы из глутамина и 2-оксоглутарата. Глутамат является также субстратом для синтеза глутамина из аммиака, катализируемого глутаминсинтетазой. Альфа-аминогруппа глутамата может быть перенесена к другим аминокислотам при участии специфических аминотрансфераз. Кроме того, углеродный скелет и альфа-аминогруппа глутамата формируют основу для синтеза γ -аминомасляной кислоты и аргинина. Наконец, глутамат может дезаминироваться глутаматдегидрогеназой с высвобождением аммиака и 2-оксоглутарата. Амид глутамата – глутамин является основной формой азотных соединений, транспортирующих азот из корней в надземные органы у сосны, что объясняется высокими скоростями переноса его по ксилеме и флоэме [1, 12]. Аргинин также является подвижной формой азота, позволяющей регулировать содержание минеральных форм азота. Содержание азота в молекуле аргинина составляет 32,2 %, что значительно больше, чем в любой другой аминокислоте. Известно, что аргинин участвует в орнитиновом цикле, где происходит превращение орнитина в цитруллин, а последнего – в аргинин. Гидролитическое расщепление аргинина приводит к образованию карбамида и регенерации орнитина, который снова может вступать в орнитиновый цикл. Аргинин выполняет запасную функцию азота в хвойных растениях [1]. Запасание аргинина в органах хвойных растений обеспечивает азотом процессы их раннего весеннего роста и сезонного развития. В литературе отмечено повышение уровня аргинина в хвое сосны и ели с увеличением дозы внесения азота в почву в виде удобрений [13]. Сеянцы сосны обыкновенной накапливали и запасали до 80 % азота в форме аргинина в случае, если синтез белка был ограничен факторами, отличными от доступности азота [21]. Предполагается, что накопление аргинина у растений – это не специфическая реакция их на избыток ЭМП, а реакция на стресс вследствие ослабления роста. Вместе с тем отмечается, что

повышение уровня аргинина у растений является отражением благоприятного азотного статуса в растениях [22]. Семена и зимующие почки древесных растений также отличаются высоким уровнем аргинина [1]. Считается, что у зимующих растений аргинин и пролин выполняют функцию не только запасаания азота, но и в сочетании с сахарозой защищают клеточные мембраны от повреждения морозом. Аргинин может ингибировать гидролиз белков и таким образом способствовать их стабилизации, повышая морозостойкость растений и сохраняя меристемы почек в период глубокого покоя [18]. В связи с высоким содержанием аргинина у хвойных метаболизм аминокислот у них называют даже условно аргининовым типом обмена и рассматривают его как таксономический признак класса голосеменных [23].

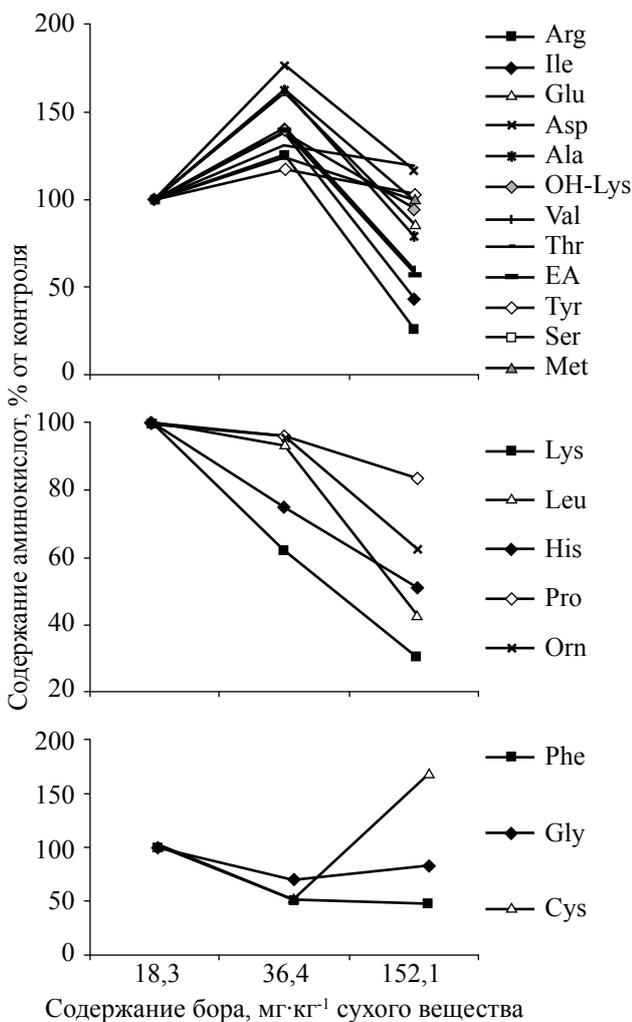


Рисунок. Влияние обеспеченности бором семян сосны обыкновенной на содержание аминокислот в хвое

При оптимизации борного питания семян сосны содержание большинства аминокислот в хвое увеличивалось (рисунок). Вероятно, происходила интенсификация их синтеза, поскольку содержание белкового азота повышалось. Отмечалась тенденция к снижению содержания пролина, лейцина и орнитина, а уровень лизина, фенилаланина, глицина и гистидина при этом снижался. Снижение уровня 4-х аминокислот в хвое, по-видимому, связано со стимулирующей бором включением их в состав азотсодержащих соединений. Так, можно предположить, что бор стимулировал включение фенилаланина в фенольные соединения, поскольку эта аминокислота является предшественником при биосинтезе фенолов растений [24]. При оптимизации борного питания семян сосны отмечалось повышение уровня фенольных соединений в хвое, а также устойчивости растений к фацидиозу [7]. Следует отметить, что у двудольных растений, в отличие от однодольных, происходит накопление фенолов и ауксинов при дефиците бора, которое затем приводит к нарушению обмена веществ, в том числе нуклеиновых кислот и белков [4, 5].

При токсичной дозе борной кислоты отмечалось снижение уровня исследованных форм азотных соединений в хвое (табл. 1, 2, рис.). При этом сумма свободных аминокислот в хвое семян снижалась в 1,41 раза по сравнению с вариантом низкого обеспечения бором растений и в 1,71 раза по сравнению с вариантом оптимального борного обеспечения. При токсичной дозе борной кислоты по сравнению с вариантом оптимального обеспечения бором семян отмечалось снижение содержания всех свободных аминокислот в хвое за исключением цистеина. Поскольку при токсичной концентрации бора в хвое семян отмечалось понижение содержания исследуемых форм азота и большинства свободных аминокислот, можно предположить, что происходила активация распада аминокислот в хвое и снижение интенсивности их синтеза. Исключением оказался цистеин, уровень которого повышался. Известно, что цистеин входит в состав лигандов – фитохелатинов и металлотионеинов, участвующих в детоксикации тяжелых металлов в результате образования с ними хелатов [25, 26]. Цистеин

составляет 30 % от входящих в состав металлотиионеинов аминокислот [27, 28]. Механизм действия отмеченных лигандов заключается в связывании тяжелых металлов сульфгидрильными группами цистеина [29, 30]. Цистеин входит в состав пептида – глутатиона, который способен образовывать стабильные комплексы с металлами и является предшественником при биосинтезе фитохелатинов [31, 32]. Наряду с различными способами детоксикации тяжелых металлов растениями [14], связывание металлов фитохелатинами является наиболее важным неспецифичным механизмом их детоксикации [15, 33]. Наши данные позволяют предположить, что накопление цистеина в хвое при высокой концентрации бора в сеянцах сосны является адаптационной реакцией хвойного растения на токсичное влияние бора. Возможно, механизмы детоксикации высокого уровня бора и тяжелых металлов у растений имеют определенную аналогию.

В заключение следует отметить, что оптимизация борного питания сеянцев повышала азотный статус хвойного растения, очевидно, путем стимуляции синтеза аминокислот и белков в хвое, поскольку отмечалось повышение содержания общего, белкового, небелкового азота и суммы свободных аминокислот. При этом содержание большинства свободных аминокислот в хвое увеличивалось. Отмечалась тенденция к снижению уровня пролина, лейцина и орнитина, а содержание лизина, фенилаланина, глицина и гистидина снижалось. Токсичная доза борной кислоты снижала содержание всех форм азота и уровень большинства свободных аминокислот в хвое за исключением цистеина, количество которого при токсичной дозе борной кислоты повышалось, что, возможно, связано с защитной функцией хвойного растения в ответ на токсичное влияние высокой дозы бора.

Библиографический список

1. Чернобровкина, Н.П. Экофизиологическая характеристика использования азота сосной обыкновенной / Н.П. Чернобровкина. – С.Пб.: Наука, 2001. – 174 с.
2. Крамер, П.Д. Физиология древесных растений / П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский. // – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 464 с.

3. Чернобровкина, Н.П., Робонен Е.В., Иготти С.А., Дорофеева О.С., Шенгелия И.Д. Влияние обеспеченности бором на рост сеянцев сосны обыкновенной // Лесоведение. – 2007.– № 5. – С. 69–76.
4. Борщенко, Г.П. Метаболическая активность рибосом корней гороха при борной недостаточности / Г.П. Борщенко, Е.А. Шерстнев // Физиология растений. – 1968. – Т. 15.– № 4. –С. 720–728.
5. Школьник, М.Я. Микроэлементы в жизни растений. / М.Я. Школьник, // Л.: Наука, 1974. – 324 с.
6. Чернобровкина, Н. П. Жирнокислотный состав суммарных липидов хвои сеянцев сосны обыкновенной в связи с обеспеченностью бором / Н.П. Чернобровкина, О.С. Дорофеева, М.К. Ильинова, Е.В. Робонен, А.Г. Верещагин. // Физиология растений. –2008.– Т. 55. – № 3. – С. 404 – 411.
7. Ялынская, Е.Е., Устойчивость сеянцев сосны обыкновенной к снежному шютте как интегральный показатель функциональной диагностики обеспеченности бором / Е.Е.Ялынская, Н.П.Чернобровкина // Вестник Московского ун-та леса – Лесной вестник. – 2008. – № 6. – С. 16–21.
8. Пузина, Т.И. Влияние сернокислого цинка и борной кислоты на гормональный статус растения картофеля в связи с клубнеобразованием /Т.И. Пузина // Физиология растений. – 2004.– Т. 51.– № 2.– С. 234–240.
9. Аринушкина, С. В. Руководство по химическому анализу почв. / С.В. Аринушкина // – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1970. – 487 с.
10. Чикина, П.Ф. Азотный обмен / П.Ф. Чикина/ Физиолого-биохимические основы роста и адаптации сосны на Севере. Л.: Наука, 1985. – С. 57–82.
11. Плешков, Б.П. Практикум по биохимии растений. / Б.П. Плешков // М.: Колос, 1976. – 256 с.
12. Измайлов, С.Ф. Азотный обмен в растениях. / С.Ф. Измайлов // М.: Наука, 1986. – 320 с.
13. Новицкая, Ю.Е. Азотный обмен у сосны на Севере. / Ю.Е. Новицкая, П.Ф. Чикина // Л.: Наука, 1980. – 166 с.
14. Титов, А.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А.Ф.Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина и др. [отв. ред. Н.Н. Немова] // – Петрозаводск.: Карельский научный центр РАН, 2007. – 172 с.
15. Серегин, И.В. Фитохелатины и их роль в детоксикации кадмия у высших растений // Успехи биол. химии. – 2001. – Т. 41. – С. 283–300.
16. Wikner, B. Distribution and mobility of boron in forest ecosystems / B. Wikner // Communications Institution Forestalis Fenniae. –1983. – №.116. – P. 131–141.
17. Matoh, T., (1992) Boron nutrition of cultured tobacco BY-2 cells. 1. Requirement for and intracellular localization of boron and selection of cells that tolerate low levels of boron. / T. Matoh, K. Ishigaki, M. Mizutani, W. Matsunaga, K. Takabe // Plant Cell Physiol.– 1992.– V. 33.– P. 1135–1141.
18. Dugger W.M. Boron in Plant Metabolism / W.M. Dugger // Encyclopedia of Plant Physiology. New Ser.

- B. V. 15 / Eds Lauchli A. et al. Heidelberg: Springer-Verlag, 1983. – P. 626–650.
19. Schropp, W. Uber die wirkung von Bor und Mangan auf das Washstum des Mais / W.Schropp, B.Arenz. // Pfl. Phytopath. Ztschr.– 1938. – P. 138–146.
 20. Camacho-Cristybal, J.J., Boron in Plants: Deficiency and Toxicity. / J.J. Camacho-Cristybal, J. Rexach, A. Gonzólez-Fontes // Journal of Integrative Plant Biology – 2008. – V. 50. – № 10. – P. 1247-1255.
 21. Gezelius K, Free amino acids and protein in Scots pine seedlings cultivated at different nutrient availabilities / K. Gezelius, T. Nasholm T // Tree Physiology.– 1993. – V. 13. – № 1. – P. 71–86
 22. Perez-Soba, M. Nitrogen metabolism of Douglas fir and Scots pine as affected by optimal nutrition and water supply under conditions of relatively high atmospheric nitrogen deposition / M.Perez-Soba, P.H.B.Visser // Trees. 1994. – V. 9. – P. 19–25.
 23. Durzan D.I. Nitrogen metabolism of *Picea glauca*. I. Seasonal changes of free amino acids in buds, shoots, apices and leaves and the metabolism of uniformly labeled C-I-arginine by buds during the onset of dormancy / D.I. Durzan // Can. J. Bot.1968. – V. 46. – № 7. – P. 909–919.
 24. Neish A.C. Biochemistry of Phenolic Compounds. / A.C. Neish //New York: Academic Press, 1964.– 234 p.
 25. Clements, S. A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation / S. Clements, M.G.Palmgren // Trends Plant Sci. 2002. – V. 7. – N. 7. – P. 309–315.
 26. Haydon, M. J. Transporters of ligands for essential metal ions in plants / M.J. Haydon, C.S. Cobbett // New Phytol. 2007. – V. 174. – P. 499–506.
 27. Hamer D.N. Metallothioneins / D.N. Hamer // Annu. Rev. Biochem. 1986. – V. 55. – P. 913–951.
 28. Robinson, B.H. Plant metallothioneins / B.H. Robinson, I.M. Evans, C. Cheeks, P.J. Jackson // Biochem. J. 1993. – V. 295. – P. 1–10.
 29. Grill, E. Phytochelatin: The principal heavy metal complexing peptides of higher plants / E.Grill, E.L. Winnacker, M. Zenk. // Science. – 1985. – V. 230. – P. 674–676.
 30. Zenk M.H. Heavy metal detoxication in higher plants – a review / M.H. Zenk // Gene. –1996. – V. 179. – P. 21–30.
 31. Zhu, Y.L.. Ove-rexpression of glutathione synthetase in Indian mustard enhances cadmium accumulation and tolerance / Y.L. Zhu, E.A.H. Pilon-Smits, A.S. Tarun, L. Jouanin, N. Terry // Plant Physiol. 1999. – V. 119. – P. 73–79.
 32. Cobbett C.S. Phitochelatin and their roles in heavy metal detoxification / C.S.Cobbett // Plant Physiol. 2000. – V. 123. – P. 825–832.
 33. Clements, S. Schizosaccharomyces pombe as model for metal homeostasis in plant cells: the phytochelatin-dependent pathway is the main cadmium detoxification mechanism / S. Clements, C. Simm // New Phytol. – 2003. – V. 159. – P. 244–276.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

С.А. ЧЖАН, доц. каф. лесоинженерного дела Братского ГУ, канд. с.-х. наук,
 Е.М. РУНОВА, проф. каф. лесоинженерного дела Братского ГУ, д-р с.-х. наук,
 О.А. ПУЗАНОВА, доц. каф. лесоинженерного дела Братского ГУ, канд. с.-х. наук

runova@rambler.ru

Проблема охраны окружающей среды в связи с возрастанием объема техногенных выбросов в атмосферу с каждым годом становится все более актуальной. Лесные экосистемы, обладая значительными поглощательными возможностями, во многих случаях могут противостоять высоким уровням антропогенной нагрузки [1].

Основными источниками загрязнения в районе Братского промышленного узла являются Братский алюминиевый завод, лесопромышленный комплекс, кремниевый завод [2].

К наиболее агрессивным выбросам данных производств относятся газообразные

фтористые соединения, хлор, диоксид серы. Однако среди большого количества загрязняющих веществ встречаются и пылевидные выбросы, в частности такие, как алюминий, кремний и другие [3].

Для исследования хвойных древостоев были заложены 50 постоянных пробных площадей, на которых были взяты образцы хвои с целью определения содержания в них алюминия и кремния.

Для исследования состояния хвои сосны проводилась электротермическая атомизация атомно-абсорбционным методом на спектрометре МГА-915.

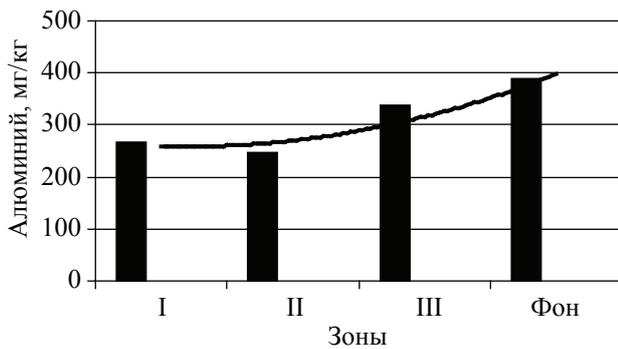


Рис. 1. Содержание алюминия в хвое деревьев по зонам на пробных площадях

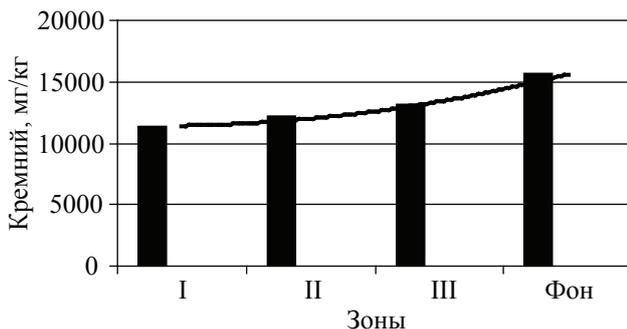


Рис. 2. Содержание кремния в хвое деревьев по зонам влияния промвыбросов

Результаты были сгруппированы по зонам: I зона сильного загрязнения (протяженность от основного источника загрязнения на север – 12 км; на юг – 10 км; на запад – 22 км и на восток – 22 км); II зона – зона среднего загрязнения, граница которой располагается на расстоянии 20 км на север, 18 км на юг, 28 км на запад и 30 км на восток; III зона – зона слабого загрязнения, граница которой находится в радиусе 50–60 км от источника загрязнения [4]. Зонирование проводилось по уровню суммарного загрязнения снежного покрова растворимым фтором, а также по средневзвешенному баллу категории состояния древостоев. Балл категории состояния определялся по санитарным правилам в лесах РФ [5]. В первую зону вошли древостои со средним баллом категории состояния 3 и более, во вторую вошли древостои со средним баллом состояния 2–3, в третью – 1–2.

По содержанию алюминия в хвое деревьев можно отметить следующее: наибольший уровень содержится в хвое деревьев, находящихся в III зоне, а в зонах I и II содержание примерно одинаковое (в I зоне

– 266,98 мг/кг, в II – 246,77 мг/кг). Результаты представлены на рис. 1.

Зависимость между содержанием алюминия в хвое по зонам загрязнения можно описать следующим уравнением

$$y = 17,558x^2 - 41,961x + 283,65, R^2 = 0,9076,$$

где y – содержание алюминия в мг/кг;

x – порядковый номер зоны.

Интересные результаты получены при накоплении кремния в хвое деревьев. Наибольший уровень приходится на III зону – 13230,4 мг/кг, во II зоне – 12164,6 мг/кг и в I зоне – 11376,5 мг/кг (рис. 2).

Зависимость между содержанием кремния в хвое по зонам загрязнения можно описать следующим уравнением

$$y = 411,88x^2 - 665,95x + 11685, R^2 = 0,9943,$$

где y – содержание кремния в мг/кг;

x – порядковый номер зоны.

Среднее значение содержания фитотоксикантов в хвое деревьев по зонам не всегда отображает истинный характер загрязнения лесов, так как предприятия Братского промышленного узла располагаются довольно близко друг к другу.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Химический состав хвои позволяет дать характеристику загрязнения любого лесного массива.

2. Большинство загрязняющих элементов имеют наименьшую концентрацию в непосредственной близости от источников промвыбросов. Это так называемая «подфакельная зона», которая присуща предприятиям с высокими трубами, в результате чего загрязняющие вещества оседают намного дальше от источника промвыбросов.

3. Большинство элементов оседают по направлению преобладающих ветров на расстоянии 10–20 км в зависимости от летучести веществ. Снижение уровня загрязняющих веществ наблюдается на расстоянии свыше 30 км по направлению преобладающих ветров и 15 км против направления преобладающих ветров от источника загрязнения.

4. Степень воздействия пылевидных загрязнителей на растительные организмы зависит, с одной стороны, от чувствительности вида, с другой – от химического состава соеди-

нений, продолжительности дозы воздействия и условий седиментации загрязняющих веществ. Следствием длительного загрязнения пылевидными выбросами, такими как алюминий и кремний, которые длительное время не разлагаются и накапливаются в почве, в воде и растительности, является повышенное содержание данных химических элементов в зонах со слабым уровнем загрязнения и даже в фоновых насаждениях. Таким образом, происходит рассеивание выбросов, в результате чего в районе источника промвыбросов уровень загрязнения растительности меньше, чем на значительном расстоянии от него. Такой характер распространения пылевидных загрязняющих компонентов существенно отличается от загрязнения газообразными выбросами, где четко прослеживается резкое снижение концентрации от источника выбросов к фоновой зоне.

Анализируя данные контрольных образцов хвои, взятые на расстоянии более 30 км от источников промвыбросов, можно сделать вывод о том, что они содержат минимальное количество загрязняющих веществ в виде фторидов и серы, а содержание алюминия и кремния наибольшее, поэтому зоны,

находящиеся на значительном удалении, следует относить к условно чистым зонам, так как внешнее состояние деревьев удовлетворительное, при отсутствии внешних признаков угнетения индикацию состояния экосистемы нужно проводить по содержанию микроэлементов в тканях растений, прежде всего в фотосинтезирующих органах, которые являются их активными накопителями.

Библиографический список

1. Шяпетене, Я.А. Закономерности усыхания сосняков в зоне интенсивных промышленных выбросов / Я.А. Шяпетене // Лесное хозяйство. – 1988. – № 2. – С. 43–46.
2. Рунова, Е.М. Влияние техногенного загрязнения на леса Приангарья / Е.М. Рунова. – Братск: БРИИ, 1999. – 108 с.
3. Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Г.М. Илькун. – Киев, 1978. – 247 с.
4. Рунова, Е.М. Влияние выбросов промышленных предприятий Братска на лесные экосистемы / Е.М. Рунова, Б.И. Угрюмов, С.А. Чжан // Международная конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды». Тезисы докладов. – Томский государственный университет, 1995. – Т. 4. – С. 170.
5. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. – М., 1998. – 18 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ РОССИИ

А.Н. ФИЛИПЧУК, *проф. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, д-р с.-х. наук*,
 Д.В. ХЛЮСТОВ, *асп. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ*,
 Г.Н. ЧАДИН, *асп. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ*

filipchuk@mgul.ac.ru

Система ГИЛ рассматривается как пространственно распределенная и целеориентированная система, представляющая базовую информацию для всех уровней управления экономикой, лесами и комплексным природопользованием, для научных исследований, общественных организаций, юридических и физических лиц.

В соответствии со статьей 90 нового кодекса «государственная инвентаризация лесов представляет собой мероприятия по проверке состояния лесов, их количественных и качественных характеристик». Целями государственной инвентаризации лесов являются:

- своевременное выявление и прогнозирование развития процессов, оказывающих негативное воздействие на леса;
- оценка эффективности мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов;
- информационное обеспечение управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, а также в области государственного лесного контроля и надзора.

Объекты государственной инвентаризации определяются целями и приоритетными функциями лесов, подлежащими оценке и управлению.

Теоретически необходимое число пробных площадей, обеспечивающих заданную точность определения запаса при соответствующих уровнях доверительной вероятности при распределении запасов по кривой нормального распределения

Доверительная вероятность (Д.В.)	Число пробных площадей при заданной точности (+/- P, %)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,99	7396	1849	822	462	296	205	151	116	91	74	61	51	44	38	33
0,95	4268	1067	474	267	171	119	87	67	53	43	35	30	25	22	19
0,68	1111	278	123	69	44	31	23	17	14	11	9	8	7	6	5

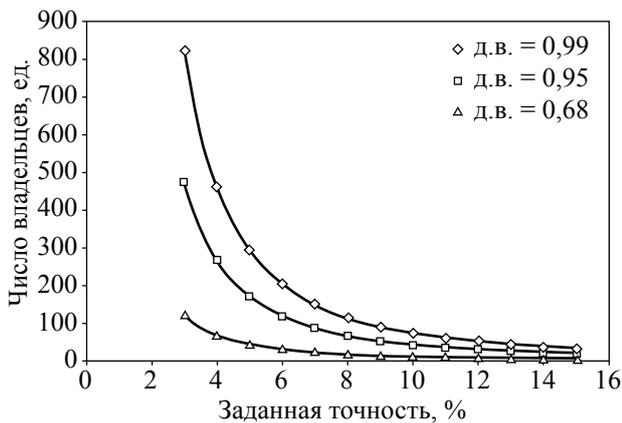


Рисунок. Взаимосвязь численности выборки выделов (проб) для определения среднего запаса с заданной точностью при соответствующем уровне доверительной вероятности

В соответствии с тремя основными классами функций, выполняемых лесами (сырьевая, экологическая, социальная), и двумя выделенными уровнями рассмотрения этих функций (региональный и федеральный) в качестве минимального базового объекта инвентаризации, предлагается лесничество. Несмотря на необоснованность существующего деления территории лесного фонда, эта территориальная единица является реально существующей и действующей в системе управления лесным хозяйством. В качестве минимальной единицы определения таксационных показателей предлагается страта.

Это специальным способом образованная территориальная общность таксационных выделов, определяемая либо техническими и технологическими особенностями лесоучетных работ (например, возможностями дистанционных методов), либо однородностью антропогенных и природных воздействий (очаги вредителей и болезней, гари, вырубки и т.д.), либо однородностью реакции

на эти воздействия (зоны и степень повреждений лесов под влиянием промышленных загрязнений и др.).

Страты могут объединяться в ландшафты, в регионально-типологическом понимании этого термина, как базовые территориальные единицы для оценки проявления лесами экологических функций на региональном уровне.

В целях предварительной оценки объема выборки использованы следующие признаки стратификации:

- группа возраста (3 объединенных группы: молодняки, средневозрастные, припевающие, спелые, перестойные);
- преобладающая порода;
- группа классов бонитета (3 группы: первый и выше, третий-четвертый, пятый и ниже).

Для каждой выделенной страты необходимо определить изменчивость среднего запаса древесины на 1 га. Использование в качестве изменчивости показателя вариации $Cv = 100 \cdot \sigma / \bar{M}$ не совсем корректно. Это связано с тем, что кривая распределения запасов с возрастом смещается по оси X вправо. И чем больше это смещение, тем меньше показатель Cv при одном и том же значении стандартного отклонения.

Устранить указанное несоответствие позволяет показатель дифференциации, отображающий изменчивость ряда распределения смещенного начала координат, что нельзя не учитывать при решении подобного рода задач.

$$Cv = 100 \cdot \sigma / (\bar{M} - M_{\min}),$$

где \bar{M} – среднее арифметическое значение запаса, м³;

M_{\min} – минимальное значение запаса, м³;

σ – стандартное отклонение.

Стандартное отклонение должно вычисляться по данным запасов

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

σ может быть рассчитано приближенно с условием, что распределение запасов подчиняется кривой нормального распределения. В этом случае σ рассчитывается формуле $\sigma = (X_{\max} - X_{\min}) / 6$. Цифра 6 означает диапазон кривой нормального распределения ($\pm 3\sigma$), а это 6 стандартных отклонений.

Итак, определение необходимого числа пробных площадей производится по формуле $n = (Cd \cdot t / P)^2$.

Для основных лесобразующих пород модели необходимого числа пробных площадей представляются регрессией вида

$$N = \exp \{7,013 - 2,0 \ln P + 2,0 \ln t\},$$

где N – необходимое число лесотаксационных выделов в зависимости от заданной точности определения среднего запаса (P) и уровня доверительной вероятности (t);

k_0, k_1, k_2 – численные коэффициенты уравнения.

Коэффициент детерминации равен 1.0, что свидетельствует о функциональных взаимосвязях.

Для практического использования рекомендованы модели, представленные на рис. 1, и затабулированное количество лесотаксационных участков для соответствующей точности определения среднего запаса в лесных массивах при трех пороговых уровнях доверительной вероятности (0,68; 0,95 и 0,99).

О НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННЫХ ГЕЛЕЙ

Г.Н. ФЕДОТОВ, *проф. Российского федерального центра судебной экспертизы при Минюсте РФ, д-р биол. наук,*

О.Н. БЫСТРОВА, *ст. эксперт Российского федерального центра судебной экспертизы при Минюсте РФ,*

Е.А. МАРТЫНКИНА, *ст. эксперт Российского федерального центра судебной экспертизы при Минюсте РФ,*

В.И. ПУТЛЯЕВ, *доц. химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. хим. наук,*

В.С. ШАЛАЕВ, *проф. МГУЛ, д-р техн. наук*

gennadiy.fedotov@gmail.com

В ряде работ [1, 2, 19] исследовалась структурная организация почвенных гелей, выделяемых из почв прессованием, а также почвенных гелей, которые поднимались на поверхность воды, отрываясь от сухих почвенных агрегатов. Изучалась структурная организация илистой фракции дерново-подзолистой почвы, полученной в результате диспергирования почвы с пирофосфатом натрия [1]. Кроме того, методом малоуглового рассеяния нейтронов исследовались почвенные гели в самих почвах без их выделения [3]. Все полученные результаты свидетельствовали о наноструктурной организации почв в виде армированных гумусовых студней [1].

В то же время ранее было показано, что слабое воздействие позволяет перевести в состояние устойчивой суспензии меньшее количество вещества почвы, как бы долго не

продолжался эксперимент [4]. Был сделан вывод о сосуществовании в почвах гелей нескольких типов с разной энергией связи. Первым обратил внимание на существование в почвах активного и пассивного ила А.Н. Соколовский [5]. Активный и пассивный гумус изучал Н.И. Лактионов [6]. Неоднородность почвенных гелей активно исследовал А.Ф. Тюлин, разработав для этого метод дробной пептизации [7, 11]. Аналогичные результаты о сосуществовании нескольких видов коллоидно-илистых фракций в различных почвах получали и другие исследователи [4, 8, 9].

Таким образом, с одной стороны, эксперименты свидетельствуют о коллоидной организации почв в виде армированных гумусовых студней, а с другой стороны, в почвах одновременно присутствует несколько

видов гелевых структур, имеющих разную прочность связи и разный состав [7].

Целью работы было уточнение представлений о структурной организации почвенных гелей.

В качестве объектов были выбраны образцы кубанского и курского черноземов, серой лесной почвы Владимирского ополья, дерново-подзолистой почвы из окрестностей поймы р. Клязьма. Свойства почв приведены в работе [1].

При изучении распределения тяжелых металлов по агрегатам воздушно-сухие почвы рассеивали на ситах на фракции (мм): больше 10, 7–10, 5–7, 3–5, 2–3, 1–2, 0,5–1, 0,25–0,5 и менее 0,25. Полученные образцы растирали в ступке до частиц размером менее 1 мм, разделяли на две части и обрабатывали для перевода в вытяжки тяжелых металлов одну часть 1 н азотной кислотой, а другую ацетатно-аммонийным буфером по стандартным методикам [10]. Тяжелые металлы, выделяемые 1 н азотной кислотой, относят к потенциально подвижным соединениям. Считается, что в раствор переходят ионы, входящие в почвенный поглощающий комплекс в виде обменных катионов, сорбированные минеральными почвенными компонентами, находящиеся в составе комплексных соединений с почвенным органическим веществом. Ацетатно-аммонийный буфер извлекает подвижные формы тяжелых металлов, способных к миграции по почвенному профилю. Установлена высокая степень корреляции между количеством тяжелых металлов, извлекаемых из почв ацетатно-аммонийным буфером, и количеством этих элементов в растениях, произрастающих на исследуемых почвах [10]. Считается, что по сравнению с 1 н азотной кислотой, ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8 не затрагивает более прочно связанные с почвой и, следовательно, менее подвижные соединения тяжелых металлов.

При приготовлении объектов для определения содержания тяжелых металлов в почвенных гелях воздушно-сухие почвенные агрегаты размером 3–5 мм помещали в чашки Петри, капиллярно увлажняли, а затем поднимали уровень воды в чашке Петри. Это приводило к отделению от агрегатов и подъему на поверхность воды гелевых пленок. Затем

гелевые пленки помещали на стекло или бумажный фильтр и высушивали при 40 °С.

Определение тяжелых металлов проводили в вытяжках в 1 н азотной кислоте из пленок на бумажном фильтре и в вытяжках в 1 н азотной кислоте и в ацетатно-аммонийном буфере из почв на атомно-абсорбционных спектрофотометрах «АAnalyst 200» и «АAnalyst 600» фирмы Perkin Elmer, электронно-микроскопическое – на растровом электронном микроскопе LEO SUPRA – 50 VP.

Для экспериментальной проверки существования в почвах нескольких типов почвенных гелей решили использовать присутствие в почве подвижных форм тяжелых металлов. Было проведено сравнение их концентраций в почве и в гелевых пленках, самопроизвольно поднимающихся на поверхность воды при увлажнении сухих почвенных агрегатов. Логика подобного подхода довольно очевидна, так как подвижные формы тяжелых металлов должны закрепляться почвенными гелями, причем в различных типах почвенных гелей, имеющих разный состав, они должны закрепляться по-разному.

Концентрации тяжелых металлов в почвах и гелевых пленках, выделенных из этих почв, сильно отличаются (табл. 1). Если бы концентрация в пленках была выше, чем в почвах, а соотношение между определяемыми элементами сохранялось примерно постоянным, это свидетельствовало бы о существовании в почвах гелей одного типа. Однако результаты свидетельствуют об огромных колебаниях соотношений содержания тяжелых металлов в почвах и гелевых пленках. Отличия столь значительны, что на качественную картину не оказывает влияния пересчет на содержание гелей, которых в черноземах содержится около 50 % вес., а в дерново-подзолистых почвах – 25–30 % вес. [7].

Цинка в почвах содержится примерно в 40–400 раз больше, чем в гелевых пленках, а меди, кадмия и свинца соответственно в 10–150, 50–1000, 5–10 раз меньше. Это однозначно свидетельствует, что, кроме выделяемых нами гелевых пленок, которые накапливают медь, кадмий и в меньшей степени свинец, существуют еще какие-то коллоидные образования, накапливающие цинк.

Содержание тяжелых металлов в гелевых пленках и почвах

Почвы	Горизонты	Содержание металла в почве / Содержание металла в гелевой пленке, мкг / г						
		Cu	Zn	Ni	Co	Pb	Cd	Mn
Серая лесная	0–10	<u>8,84</u>	<u>28,6</u>	<u>10,94</u>	<u>8,23</u>	<u>8,64</u>	<u>0,0014</u>	<u>575</u>
		726	0,19	73,3	13,64	37,33	0,299	1352
	10–20	<u>8,39</u>	<u>22,6</u>	<u>11,52</u>	<u>6,95</u>	<u>10,15</u>	<u>0,0014</u>	<u>567</u>
		317	0,05	37,78	8,64	21,81	0,066	554
	30–40	<u>8,26</u>	<u>24,4</u>	<u>10,34</u>	<u>5,83</u>	<u>7,76</u>	<u>0,0004</u>	<u>305</u>
857	0,26	64,33	10,37	26,01	0,441	732		
40–50	<u>8,68</u>	<u>24,2</u>	<u>10,56</u>	<u>4,87</u>	<u>7,35</u>	<u>0,0005</u>	<u>300</u>	
	250	0,14	13,75	3,91	13,95	0,063	225	
50–60	<u>8,34</u>	<u>24,4</u>	<u>12,10</u>	<u>4,77</u>	<u>7,88</u>	<u>0,0004</u>	<u>297</u>	
	1390	<u>0,64</u>	164	38,89	70,05	0,437	240	
Курский чернозем	А	<u>6,65</u>	<u>24,0</u>	<u>12,19</u>	<u>4,13</u>	<u>7,40</u>	<u>0,0008</u>	<u>367</u>
		510	0,23	36,9	7,10	55,18	0,52	<u>536</u>
	В1	<u>6,15</u>	<u>20,6</u>	<u>11,22</u>	<u>3,79</u>	<u>8,12</u>	<u>0,0007</u>	<u>300</u>
140	0,135	23,3	1,96	44,48	0,391	508		
В2	<u>6,40</u>	<u>20,5</u>	<u>11,15</u>	<u>3,80</u>	<u>8,18</u>	<u>0,0008</u>	<u>310</u>	
	87,5	0,039	12,57	3,21	62,05	0,402	270	
Кубанский чернозем	А	<u>6,3</u>	–	<u>9,0</u>	–	<u>4,8</u>	–	<u>270</u>
		432	–	22,4	–	44,0	–	324
Дерново-подзолистая	А	<u>22</u>	–	<u>2,26</u>	–	<u>10,4</u>	–	<u>357</u>
		545	–	13,7	–	13,5	–	147

Обращает на себя внимание одинаковое поведение тяжелых металлов в гелях различных почв и почвенных горизонтов. Цинка во всех почвах содержится значительно больше, чем в гелевых пленках, а меди и кадмия – значительно меньше.

Исследование гелей почвенных агрегатов методом рентгено-локального анализа путем сканирования по линии в различных направлениях внутри агрегатов не дало возможности обнаружить отличий в их химическом составе и не подтвердило существования микроагрегатов со значимо отличающимся составом [12].

Можно предположить послойное образование гелевых пленок разного состава на крупных частицах минералов. Частицы 2 группы выделяются после частиц 1 группы. Следовательно, именно они должны образовывать внутренние гелевые пленки. При рассмотрении системы (почвы) в статике такое объяснение можно признать приемлемым. Однако почва – динамичная система, в ней существует сезонная динамика перехода микроагрегатов 1 группы в микроагрегаты 2 группы и обратно. При уменьшении влажности почвы в течение сезона происходит увеличение доли

микроагрегатов 2 группы. Наблюдаемую сезонную динамику содержания микроагрегатов 1 и 2 групп А.Ф. Тюлин объяснил окислением двухвалентного железа до трехвалентного. С позиций армированного гумусового студня это должно приводить к увеличению количества связей в гумусовой сетке, упрочнению и сжатию гелей) [7]. Это позволяет усомниться в возможности реализации такого вида неоднородности.

Можно также предположить существование мозаичности гелевых пленок из-за их возникновения на различных минералах и последовательное выделение из этих пленок блоков, имеющих различную прочность связи. Полученные нами электронные микрофотографии гелевых пленок подтверждают их неоднородность [19].

С целью уточнения вопроса о механизме реализации неоднородности рассмотрим данные А.Ф. Тюлина по составу микроагрегатов 1 и 2 групп (табл. 2, 3). Из представленных данных следует, что:

1. Частицы 2 группы содержат больше гумуса по сравнению с частицами 1 группы.
2. Частицы 1 группы обогащены алюмосиликатами по сравнению с исходной почвой.

3. Гумус частиц 2 группы содержит большее число полярных группировок.

4. Частицы 2 группы связывают значительно больше гидрооксидов железа и алюминия и меньше алюмосиликатов по сравнению с частицами 1 группы.

5. Частицы 2 группы связывают значительно больше гидрооксидов железа и алюминия и меньше алюмосиликатов по сравнению с частицами 1 группы.

Однако при проведении анализа результатов с учетом поведения армированного гумусового студня при различных воздействиях на него представления несколько меняются. Связано это, прежде всего, с тем, что гели армированы частицами минералов различных размеров. Поэтому при выделении микроагрегатов 2 группы при механическом воздействии может происходить выделение наиболее крупных частиц минералов из пленок гелей, аналогичное тому, какое наблюдается при центрифугировании [13].

В первую очередь, может идти потеря крупных частиц кварца и полевых шпатов, а это должно приводить к обогащению фракции 2 группы по сравнению с фракцией 1 группы гумусом, азотом, фосфором и несиликатными формами полуторных окислов. Причем возрастание их содержания, если оно обусловлено только потерей частиц первичных минера-

лов при выделении микроагрегатов 2 группы, должно происходить пропорционально друг другу. Однако подобной пропорциональности не наблюдается (табл. 2, 3).

Для слабовыщелоченного чернозема содержание гумуса в агрегатах 2 группы по сравнению с агрегатами 1 группы возрастает примерно в 2 раза, азота в 2,3, фосфора в 1,4. Для окислов железа: валовое содержание не меняется, а содержание несиликатного железа возрастает в 2,5 раза. Для окислов алюминия: валовое содержание возрастает в 1,3, несиликатное – в 2,9 раз. Для лугово-черноземной почвы: содержание гумуса возрастает в 1,5, азота в 1,4, фосфора в 1,06 раз.

Таким образом, микроагрегаты 2 группы слабовыщелоченного чернозема в исходном состоянии обогащены несиликатными формами железа и алюминия, обеднены фосфором (в 1,4 раза), валовым железом (в 2 раза) и валовым алюминием (в 1,3 раза). Это позволяет сделать однозначный вывод о сильном обеднении гумуса силикатными формами железа и алюминия, что подтверждает предположение о потере частиц минералов при выделении микроагрегатов 2 группы.

С учетом этого процесса при пересчете представленных данных на гумус следует, что микроагрегаты 2 группы изначально отличаются по составу от микроагрегатов 1 группы.

Т а б л и ц а 2

Содержание гумуса, азота, фосфора в 1 и 2 группах частиц (в % от веса почвы или от веса каждой группы) [7]

Почва		Гумус (по Тюрину)	Азот (по Кьельдалю)	P ₂ O ₅ (по Лоренцу)
Слабовыщелоченный чернозем	Почва в целом	4,97	0,21	0,08
	1 группа частиц	10,39	0,47	0,23
	2 группа частиц	20,95	1,10	0,32
Лугово-черноземная солонцеватая почва	Почва в целом	13,96	0,78	0,23
	1 группа частиц	14,38	0,80	0,34
	2 группа частиц	21,99	1,14	0,32

Т а б л и ц а 3

Содержание несиликатного железа и алюминия в слабовыщелоченном черноземе (в % от веса почвы или каждой группы) [7]

Объект	Fe ₂ O ₃		Al ₂ O ₃	
	валовое	несиликатное	валовое	несиликатное
Почва в целом	2,96	0,37	5,98	1,11
1 группа	6,10	0,68	17,47	1,51
2 группа	6,04	1,68	23,19	4,41

В них на единицу гумуса приходится значительно больше несиликатных форм железа и алюминия и меньше фосфора. Гумус микроагрегатов 2 группы обогащен частицами полуторных окислов и обеднен фосфатами. Это приводит к его сжатию и увеличению прочности связи. Необходимо отметить некоторую условность выводов о существовании двух групп микроагрегатов, связанную с двумя экспериментальными методами их выделения. В почвах, по-видимому, существует довольно широкий спектр энергий связи блоков гелей в единую матрицу армированного гумусового студня и использование большего набора методов воздействий дает возможность выделить большее число групп гелей [4].

Все представленные экспериментальные данные позволяют предположить, что в почвенных гелях существуют локальные области с повышенным содержанием железа, относительно равномерно распределенные по гелю. По-видимому, их существование связано с минералами, способными при выветривании образовывать оксиды железа.

Почвенная масса дерново-подзолистой почвы неоднородна [14]. Она включает крупнокристаллические частицы, покрытые тонким слоем геля, и блоки, образованные из более мелких частиц и геля. При рассеивании почвенная масса распадается. В крупных агрегатах сохраняется структурное состояние исходной почвы.

Т а б л и ц а 4

Содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве (по фракциям)

Разм. агрегатов, мм	Цинк, мкг/г		Медь, мкг/г		Марганец, мкг/г		Свинец, мкг/г		Кобальт, мкг/г		Никель, мкг/г		Кадмий, мкг/г	
	Отношение количества элементов, выходящих из агрегатов в 1 н HNO ₃ и в ААБ													
	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ
3-5	196,5	8,17	22,0	1,37	357,4	63,1	10,14	0,51	1,11	0,100	2,26	0,208	0,23	0,147
	22,6		16		5,66		19,9		11,1		10,9		1,56	
2-3	214,5	7,62	26,1	1,12	389,7	59,1	8,76	0,39	1,61	0,088	2,62	0,160	0,25	0,218
	28,1		23,3		6,59		22,5		18,3		16,4		1,15	
1-2	284,2	7,91	33,3	1,43	431,0	62,2	25,84	0,44	1,64	0,088	3,18	0,209	0,28	0,232
	35,9		23,3		6,93		58,7		18,6		15,2		1,21	
0,5-1	147,4	6,88	19,4	1,30	249,6	45,4	7,56	0,40	0,74	0,075	1,72	0,149	0,17	0,153
	21,4		14,9		5,50		18,9		9,9		11,5		1,11	
0,5-0,25	151,4	5,85	17,0	1,99	226,3	38,4	5,82	0,72	0,68	0,059	1,39	0,115	0,13	0,129
	25,9		8,5		5,89		8,1		11,5		12,1		1	
0,25	229,7	8,17	30,6	1,43	436,4	54,7	11,24	0,13	1,66	0,080	2,73	0,199	0,24	0,168
	28,1		21,4		7,98		86,5		20,75		13,7		1,43	

Т а б л и ц а 5

Содержание тяжелых металлов в черноземе (по фракциям)

Разм. агрегатов, мм	Цинк мкг/г		Медь, мкг/г		Марганец, мкг/г		Свинец, мкг/г		Кобальт, мкг/г		Никель, мкг/г		Кадмий, мкг/г	
	Отношение содержания элементов, выходящих из агрегатов в 1 н HNO ₃ и в ААБ													
	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ	HNO ₃	ААБ
5-7	12,6	1,40	6,30	0,63	277,6	55,80	5,00	0,036	2,39	0,053	9,92	0,40	0,11	0,0027
	9		10		4,97		139		45,1		24,8		40,7	
3-5	8,7	0,98	5,00	0,38	260,9	54,96	4,72	0,020	2,20	0,052	8,99	0,37	0,10	0,0026
	8,88		13,16		4,75		236		42,3		24,3		38,5	
2-3	8,3	0,84	5,00	0,38	251,2	54,96	4,63	0,033	2,50	0,053	12,56	0,37	0,10	0,0021
	9,88		13,16		4,57		140		47,2		33,9		47,6	
1-2	9,0	0,80	5,20	0,50	252,6	64,12	4,65	0,036	2,28	0,070	9,53	0,41	0,09	0,0023
	11,25		10,4		3,94		129		32,6		23,2		39,1	
1-0,25	8,5	0,85	5,30	0,50	251,2	55,38	4,69	0,043	2,11	0,049	9,20	0,37	0,10	0,0018
	10		10,6		4,54		109		43,1		24,9		55,6	
0,25	7,7	0,74	5,40	0,75	234,6	48,72	4,65	0,039	2,09	0,048	8,60	0,33	0,09	0,0020
	10,41		7,2		4,82		119		43,5		26,1		45	

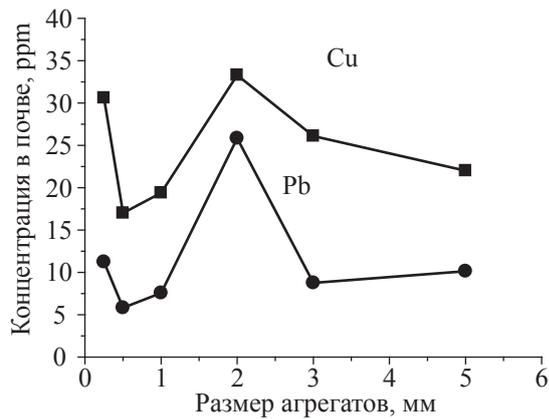


Рис. 1. Изменение содержания меди и свинца в азотно-кислой вытяжке из различных фракций агрегатов дерново-подзолистой почвы*

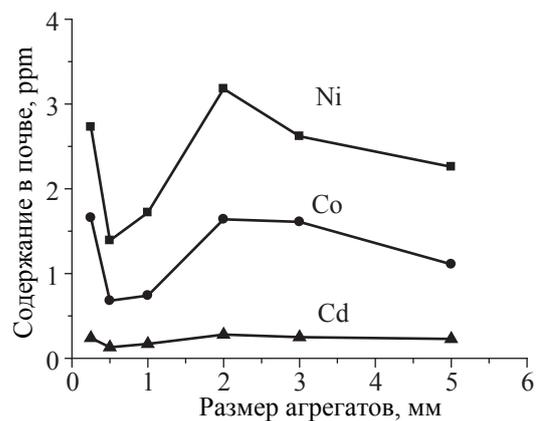


Рис. 2. Изменение содержания никеля, кобальта и кадмия в азотно-кислой вытяжке из различных фракций агрегатов дерново-подзолистой почвы*

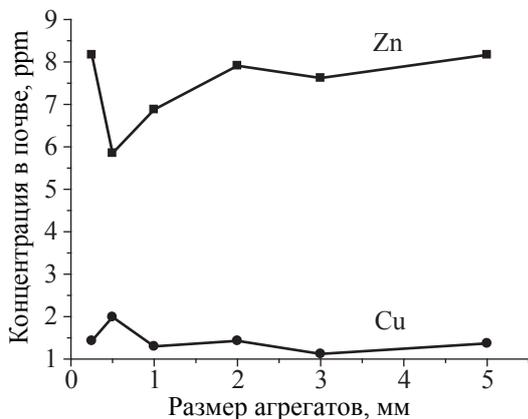


Рис. 3. Изменение содержания меди и цинка в вытяжке ацетатно-аммонийным буфером из различных фракций агрегатов дерново-подзолистой почвы*

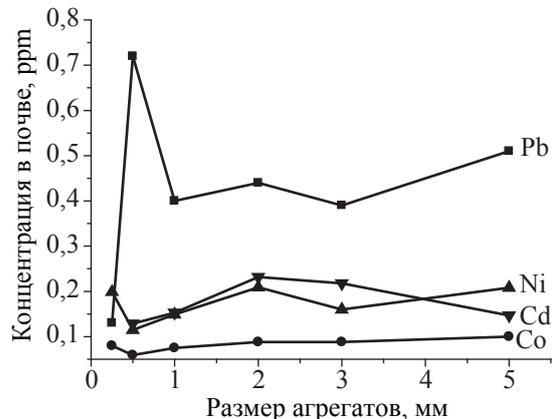


Рис. 4. Изменение содержания свинца, никеля, кадмия и кобальта в вытяжке ацетатно-аммонийным буфером из различных фракций агрегатов дерново-подзолистой почвы*

* 0,25 – фракция меньше 0,25; 0,5 – фракция 0,25–0,5; 1 – фракция 0,5–1; 2 – фракция 1–2; 3 – фракция 2–3; 5 – фракция 3–5

Из микроскопических наблюдений следует, что агрегаты размером 1–2 мм состоят преимущественно из мелких частиц и геля, а размером 0,25–1 мм содержат большое количество крупнокристаллических частиц, покрытых слоем геля. Фракция агрегатов размером менее 0,25 мм обогащена гелем. Таким образом, количество армированного гумусового студня во фракциях агрегатов должно отличаться. Данные по максимальному выходу тяжелых металлов из фракции агрегатов 1–2 мм при их обработке 1 н азотной кислотой и по пониженному выходу тяжелых металлов из фракций 0,25–0,5 мм и 0,5–1 мм (рис. 1, 2, табл. 4) коррелируют с результатами микроскопических исследований по содержанию гелей в этих фракциях и свидетельствуют о переходе в вытяжку тяжелых металлов из всего геля, содержащегося в агрегатах.

Несколько иную картину мы наблюдаем для вытяжек тяжелых металлов ацетатно-аммонийным буфером из агрегатов различных фракций дерново-подзолистой почвы.

Из полученных результатов (рис. 3, 4, табл. 4) следует, что тяжелые металлы можно условно разбить на две группы. К первой группе можно отнести свинец и медь, а ко второй – цинк и остальные исследуемые элементы. Для меди и особенно свинца максимум их содержания приходится на фракцию 0,25–0,5 мм, в то время как для элементов второй группы на эту фракцию приходится минимум их содержания. В этой фракции, как было отмечено выше, повышено содержание частиц, соответствующих по размеру песчаным.

Для объяснения этих данных была необходима информация об удержании тяжелых металлов различными компонентами

армированного гумусового студня. Такие результаты были получены для ряда тяжелых металлов методом EXAFS-спектроскопии [15]. Свинец в основном удерживается органическим веществом почв, причем предпочтительнее он хелатируется функциональными группами ароматических колец, формируя бидентантные комплексы. Цинк удерживается почвенными глинистыми минералами и гидроксидами железа [16].

Данные EXAFS-спектроскопии [15] и полученные нами результаты подтверждают неоднородность армированного гумусового студня, а также то, что с разными минералами контактирует армированный гумусовый студень иной природы.

Армированный гумусовый студень, находящийся на поверхности частиц песка, по-видимому, обладает повышенной способностью к удерживанию катионов меди и свинца. Можно сделать вывод, что он относительно богаче органическим веществом и беднее армирующими гумусовый студень гидроксидами железа. Это согласуется с ранее полученными данными [18]. Гумусовый студень других фракций почвенных агрегатов, по-видимому, обогащен соединениями железа и глинистыми минералами, что увеличивает его способность удерживать другие тяжелые металлы.

В черноземе не наблюдается ярко выраженных отличий по выходу тяжелых металлов из агрегатов различных фракций, а отношение выходов тяжелых металлов в азотную кислоту и ацетатно-аммонийный буфер практически постоянно (табл. 5). Полученные результаты могут быть объяснены отсутствием аккумуляции в отдельных фракциях агрегатов частиц, соответствующих по размеру песчаным.

Обращает на себя внимание влияние природы гумуса на удерживание тяжелых металлов армированными гумусовыми студнями различных почв. Так в дерново-подзолистой почве выход кадмия в азотнокислую вытяжку сравним с выходом этого элемента в ацетатно-аммонийный буфер, в то время как для чернозема эти величины отличаются более чем на два порядка. Однако найти четкие корреляции и сделать какие-либо выводы по этому вопросу пока не представляется возможным.

Основываясь на существовании в почвах нескольких видов почвенных гелей, обладающих различными составами и свойствами, рассмотрим модель образования армированного гумусового студня при возникновении почв. На начальном этапе почвообразования в грунте или породе имеется большое число минералов, обладающих различными поверхностными свойствами и различной способностью к адсорбции. Положительно заряженные минералы более активно адсорбируют органические молекулы с большим числом отрицательно заряженных групп. В результате на их поверхности образуется гумусовый студень с определенным набором свойств.

Обнаружить неоднородность в распределении гелей на макроуровне удастся только для дерново-подзолистой почвы, минералы в которой имеют достаточно большие размеры и сегрегируются на макроуровне. В большинстве же почв минералы имеют микронные размеры, и обнаружить подобную неоднородность можно, только выделяя пылеватые и илистые фракции. Таким образом, процесс формирования почвенных гелей, их распределение по минеральной матрице и состав должны зависеть от минералогического и гранулометрического состава минералов.

Вид и количество органических веществ, поступающих в почву и взаимодействующих с почвенными минералами с образованием почвенных гелей, определяются произрастающей растительностью и микроорганизмами. В результате взаимодействия набора органических веществ, имеющих разную природу, размер молекул, набор функциональных групп и строение, с неоднородной минеральной матрицей должны возникать области концентрации определенного набора органических молекул вокруг определенных минералов. В таких условиях в почвах будут образовываться первичные органические студни различной природы, взаимодействующие между собой при большой их концентрации с образованием единой матрицы.

Во времени подобное образование должно изменяться. Экзогенные ферменты микроорганизмов будут трансформировать органический студень, превращая его в гумусовый студень и уменьшая его количество за

счет частичной минерализации. Движущаяся через почву вода будет захватывать и перемещать вглубь почвы отдельные органические молекулы, а также наиболее гидрофильные и наименее прочно связанные блоки образовавшихся гелей, создавая почвенный профиль.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что в почве содержится несколько видов почвенных гелей, обладающих различными составом и свойствами.

Более прочно связанные с почвой гели обогащены несиликатными формами железа и алюминия и содержат меньше фосфора. Это приводит к их сжатию и увеличению прочности связи. Прочно связанные с почвой гели содержат в десятки раз больше цинка, а легко выделяемые из почв гели содержат в десятки раз больше меди и кадмия и в несколько раз больше свинца.

Представленные экспериментальные данные позволяют предположить, что в почвенных гелях существуют локальные области с повышенным содержанием железа, относительно равномерно распределенные по гелю, существование которых связано с минералами, способными при выветривании образовывать оксиды железа.

Неоднородные армированные гумусовые студни образуются в почвах при взаимодействии большого числа органических веществ, имеющих разную природу, размер молекул, состав функциональных групп и строение, с неоднородной минеральной матрицей вследствие возникновения областей концентрации определенных наборов органических молекул вокруг определенных минералов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 07-04-00144 а)

Библиографический список

1. Федотов, Г.Н. Гелевые структуры в почвах: дисс. ... докт. биол. наук / Г.Н. Федотов. – М.: МГУ, 2006. – 345 с.
2. Федотов, Г.Н. Уточнение представлений о строении почвенных гелей / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев и др. // Доклады РАН. – 2006. – Т. 411. – № 2. – С. 203–205.
3. Федотов, Г.Н. К вопросу о механизме возникновения фрактальной организации у почвенных коллоидов / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский, В.И. Путляев и др. // Почвоведение. – 2007. – № 7. – С. 823–830.
4. Беседин, П.Н. Состав и свойства коллоидно-илистых фракций и водопрочных агрегатов сероземов

- и луговых почв / П.Н. Беседин. – Ташкент: Изд. САГУ, 1954. – 84 с.
5. Соколовский, А.Н. Из области явлений, связанных с коллоидной частью почвы А.Н. Соколовский // Известия Петровской сельскохозяйственной академии. – 1921. – Вып. 1–4.
6. Лактионов, Н.И. Закономерности трансформации органических коллоидов в черноземах при их сельскохозяйственном использовании: автореф. дисс. ... докт. с-х наук / Н.И. Лактионов. – Киев, 1974. – 36 с.
7. Тюлин, А.Ф. Органо-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений / А.Ф. Тюлин. – М.: АН СССР, 1958. – 52 с.
8. Винокуров, М.А. Содержание и состав органо-минеральных гелей в почвах / М.А. Винокуров // Почвоведение. – 1942. – № 3–4. – С. 73–88.
9. Данилова, Е.А. Качественный состав гидрофильных коллоидов почв юго-востока / Е.А. Данилова, В.Ф. Узун // Труды Саратовского сельскохозяйственного института. Пути повышения плодородия почв на юго-востоке. – Саратов: Изд. ССИ, 1969. – Т. 24. – С. 98–110.
10. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробьевой. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.
11. Гедройц, К.К. Ультрамеханический состав почвы и зависимость его от рода катиона, находящегося в почве в поглощенном состоянии / К.К. Гедройц // Журн. оп. агрон. – 1922. – Т. 22.
12. Федотов, Г.Н. К вопросу о существовании анаэробных условий внутри почвенных агрегатов / Г.Н. Федотов, В.И. Путляев, С.Е. Сорокин // Материалы международной научно-практической конференции «Плодородие почв – уникальный ресурс – в нем будущее России», 26 февраля – 1 марта 2008 г. – СПб., 2008. – С. 125–126.
13. Федотов, Г.Н. Особенности наноструктурной организации почв / Г.Н. Федотов, В.И. Путляев, Т.Ф. Рудометкина и др. // Доклады РАН. – 2008. – Т. 422. – № 6. – С. 767–770.
14. Воронин, А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М.: МГУ, 1986. – 244 с.
15. Водяницкий, Ю.Н. Изучение тяжелых металлов в почвах / Ю.Н. Водяницкий. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2005. – 110 с.
16. Водяницкий, Ю.Н. Изучение тяжелых металлов методами синхротронной техники / Ю.Н. Водяницкий // Сборник материалов «Современные проблемы загрязнения почв», 2 международная научная конференция. – М.: МГУ, 2007. – Т. 1. – С. 16–20.
17. Зубкова, Т.А. Матричная организация почв / Т.А. Зубкова, Л.О. Карпачевский. – М.: РУСАКИ, 2001. – 296 с.
18. Минкина, Т.М. Подвижность меди, цинка и свинца в загрязненных почвах степной зоны и способы ее оценки / Т.М. Минкина, О.Г. Назаренко, С.С. Манджиева // Современные проблемы загрязнения почв. – М.: МГУ, 2007. – Т. 1. – С. 163–167.
19. Grossman R.B., Lynn W.C. Gel-Like Films that May Form at the Air-Water Interface in Soils. Soil Sci. Amer. Proc., vol. 31, 1967.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ

А.А. ТИТУНИН, доц. каф. лесоинженерного дела КГТУ, канд. техн. наук

titkstr@kmtn.ru

Увеличение объемов промышленного производства в сфере деревообработки сопровождается концентрацией огромных запасов вторичного сырья. На сегодняшний день в европейской части России используется лишь половина, а в сибирском регионе – треть биомассы растущего дерева. Остальная часть в процессе производства продукции превращается в отходы, которые чаще всего используются на топливно-энергетические нужды, а нередко вывозятся в отвалы, сжигаются или сбрасываются в водоемы.

Весьма отчетливо негативные стороны нерационального использования вторичных ресурсов проявляются именно в деревообрабатывающей промышленности, где образуется огромное количество мягких и твердых древесных отходов. Наряду с загрязнением водной, воздушной и наземной среды недоиспользование древесных ресурсов ведет к серьезным экономическим потерям, т.к. выбрасываемые отходы представляют собой ценное вторичное сырье, которое можно эффективно использовать во многих отраслях хозяйства. Организация комплексной переработки сырья, выражающаяся в рациональном использовании вторичных древесных ресурсов, играет важную роль в решении проблемы повышения эффективности деревообрабатывающих производств. Все это указывает на актуальность проблемы использования имеющегося потенциала древесных ресурсов, а также управления промышленным развитием лесных регионов на перспективу.

При большом разнообразии возможных направлений использования вторичных древесных ресурсов необходим механизм выявления наиболее эффективного варианта. На практике чаще всего используют метод сравнения базового варианта с несколькими альтернативными (конкурирующими) при помощи каких-либо критериев. Критерий как некое объединяющее начало или главный признак какого-либо явления (процесса) поз-

воляет решать все частные вопросы и служит основой для принятия решения о наиболее предпочтительном варианте переработки вторичных древесных ресурсов.

Количественным выражением любого критерия является показатель (или система показателей), характеризующий оценочный признак данного явления (процесса). Показатель может рассматриваться как конкретный механизм, с помощью которого определяется численная величина выбранного критерия. Таким образом, выбор критерия является отправным пунктом в решении вопроса, связанного с оценкой эффективности утилизации вторичных ресурсов [1]: прежде чем приступить к анализу сравниваемых вариантов, необходимо выбрать главный признак (критерий), по которому их можно будет оценивать, и уже на основании последнего установить показатели, численно отражающие результативность сравниваемых вариантов. Только при наличии такого исходного и в то же время обобщающего признака можно достаточно обоснованно ответить на вопрос: как наиболее рационально использовать ресурсы и при этом достигнуть максимума эффекта? Точно и конкретно сказать, такой-то вариант утилизации отходов выгоден, а такой-то нет, является ли организация производства продукции на базе утилизации отходов целесообразным мероприятием, а само производство перспективным или наоборот.

Выбор критерия, одного или нескольких, обусловлен поставленными целями: экономическими, экологическими, эколого-экономическими, социальными и др. Но несмотря на большое разнообразие критериев, можно отметить два основных метода экономической оценки эффективности использования ресурсов: один – по затратам на освоение (затратный), второй – по результатам освоения (рентный) [2, 3]. В соответствии с затратной концепцией необходимо рассчитывать затраты труда и средств на переработку вто-

ричных ресурсов. При этом эффективность от различного рода нововведений выражается через экономию совокупных затрат труда. Вместе с тем, что считать в качестве таких затрат, какие показатели использовать, среди экономистов единого мнения пока нет. А если используемые показатели не в должной мере отражают совокупные затраты (впрочем, как и другой какой-либо экономический процесс), то и принятое решение о направлении использования вторичных древесных ресурсов не может быть достаточно обоснованным.

Рентная концепция экономической оценки эффективности использования вторичных древесных ресурсов базируется на исчислении дифференциальной ренты. При этом возможны различные варианты ее определения. Комплексная оценка эффективности мероприятий, связанных с использованием вторичных ресурсов в условиях рыночной экономики, проблема новая. Исследования в этой области практически только начинаются; многие вопросы остаются дискуссионными. И это естественно, поскольку оценка эффективности инвестиционных проектов вообще и связанных с утилизацией вторичных ресурсов в частности может осуществляться с разных позиций, с помощью различных показателей и измерителей.

В общем случае применение оценочных показателей обусловлено необходимостью, во-первых, учета влияния целого ряда факторов на повышение эффективности использования древесных ресурсов на конкретном предприятии; во-вторых, совершенствования существующей системы их переработки; в-третьих, стимулирования развития безотходных производств. Таким образом, оценочные показатели выполняют множественную функцию: учетную, стимулирующую и развивающую. Все эти функции взаимосвязаны и имеют общую направленность – решение стратегической задачи повышения эффективности отечественной деревообрабатывающей промышленности путем организации эффективного использования потенциала древесных ресурсов на основе концепции ресурсосбережения.

При большом разнообразии вариантов использования вторичных древесных ресур-

сов и достаточно большом числе оценочных показателей выбор какого-либо из альтернативных вариантов может решаться как многокритериальная оптимизационная задача. Метод ее решения в общем виде можно рассмотреть на примере обоснования выбора направления при использовании отходов фанерного производства. Функциональная схема образования отходов при производстве фанеры по наиболее распространенной технологии представлена на рисунке.

Известно, что в деревообрабатывающем производстве используется древесное сырье i -го вида, образуются отходы (вторичные древесные ресурсы) j -го вида, часть которых используется предприятием на собственные нужды и может быть использована для получения k -ой продукции. Известно также, что вторичное древесное сырье может быть вывезено на свалку, при этом предприятие несет расходы по утилизации отходов (текущие затраты на природоохранные мероприятия $\Pi_{\text{прир.м}}$, сумма платежей, тыс.руб., за загрязнение сверх установленной нормы (сброс/выброс): атмосферного воздуха $\Pi_{\text{возд}}$, водных объектов $\Pi_{\text{вод}}$ и почвы $\Pi_{\text{омх}}$). При переработке древесного сырья и отходов неизбежно образуются безвозвратные потери V_n .

Введем понятия ресурсный и экономический потенциал вторичного древесного сырья. Ресурсный потенциал Π_p определяется как

$$\Pi_p = \sum_{i=1}^I Q_i - \sum_{k=1}^K A_k - V_n,$$

где Q_i – основное сырье, м³ по видам;

A_k – готовая продукция, м³;

V_n – неизбежные технологические потери, м³.

Использование ресурсного потенциала вторичных древесного сырья может оцениваться с помощью таких показателей, как

1) коэффициент использования ресурсного потенциала

$$K_{\Pi p} = \frac{\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K V_{jk}}{\sum_{j=1}^J V_j - V_n} \rightarrow 100\%,$$

где V_{jk} – вторичное древесное сырье, используемое для производства продукции, м³;

V_j – вторичное древесное сырье, м³.

2) прирост объема продукции в натуральном выражении ΔA , м³ за счет использования вторичного сырья

$$\Delta A = A_{kj} = A_k - A_{ki},$$

где A_{kj} , A_{ki} – продукция, произведенная соответственно из вторичных ресурсов и из основного сырья, м³;

3) увеличение выхода готовой продукции

$$\Delta B = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J A_{kj}}{\sum_{i=1}^I Q_i} 100\%.$$

При использовании j -го вида вторичного сырья для производства основной продукции определяется также снижение нормы расхода сырья на единицу готовой продукции по видам

$$\Delta q_k = \left(q_{ik} - \frac{q_{ik} q_{jk}}{b q_{ik} + q_{jk}} \right),$$

где q_{ik} – норма расхода основного сырья на единицу готовой продукции, м³;

q_{jk} – норма расхода вторичного сырья на единицу готовой продукции, м³;

b – норматив образования отходов при переработке 1 м³ основного сырья, м³.

В этом случае экономия основного сырья, м³ рассчитывается как

$$\Delta Q_i = Q_i \cdot \Delta q_k.$$

При использовании вторичных древесных ресурсов в производстве продукции может быть получена экономия средств на закупку сырья (руб.)

$$\mathcal{E}_Q = \Delta Q_i C_{Q_i},$$

где C_{Q_i} – закупочная цена сырья, руб./м³.

Экономический потенциал вторичного сырья Π_3 рассчитывается как потенциально возможный приток средств от реализации продукции, полученной за счет переработки вторичного древесного сырья

$$\Pi_3 = R_{ij} = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J A_{kj} C_k,$$

где R_{ij} – приток средств от переработки j -го вторичного сырья (реализация продукции, экономия средств на закупку основного сырья и пр.) в t -м периоде;

R_k – приток средств от реализации продукции, руб.;

C_k – цена единицы продукции, руб.

Эффективность использования **экономического потенциала** оценивается через эффект (или чистый дисконтированный доход) от реализации инвестиционного проекта по переработке вторичных древесных ресурсов

$$\mathcal{E}_n = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J (R_{ij} - C_{ij} - Y_{ij}) D_t - \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J K_{ij} D_t.$$

где C_{ij} – текущие затраты в t -м периоде, связанные с подготовкой j -го вторичного древесного сырья к переработке и производством какой-либо продукции из отходов;

Y_{ij} – ущерб от загрязнения окружающей среды в t -м периоде (текущие затраты на природоохранные мероприятия $\Pi_{\text{прир.м}}$, платежи за загрязнение сверх установленной нормы (сброс/выброс): атмосферного воздуха $\Pi_{\text{возд}}$, водных объектов $\Pi_{\text{вод}}$ и почвы $\Pi_{\text{омх}}$);

K_{ij} – единовременные затраты (капитальные вложения) в t -м периоде, необходимые для организации переработки j -го вторичного древесного сырья;

T – инвестиционный период;

D_t – коэффициент дисконтирования, используемый для приведения к базисному моменту времени затрат, имеющих место на t -м шаге расчета реализации проекта.

Оценка предстоящих затрат и результатов от реализации проекта по утилизации вторичных ресурсов должна осуществляться в пределах всего расчетного периода, учитывающего продолжительность создания, эксплуатации и (при необходимости) ликвидации объекта. Отсюда затраты, связанные с реализацией проекта, подразделяются на *первоначальные* (капиталообразующие инвестиции), *текущие* и *ликвидационные*.

Первоначальные (инвестиционные) издержки включают сметную стоимость проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ; стоимость нового оборудования и привлеченных основных фондов; плату за землю и подготовку территории к строительству; прочие инвестиционные затраты (приобретение лицензий, патентование, услуги «ноу-хау», технадзор за строительством и др.); единовременные затраты в прирост оборотных средств (потребность в оборотном капитале).

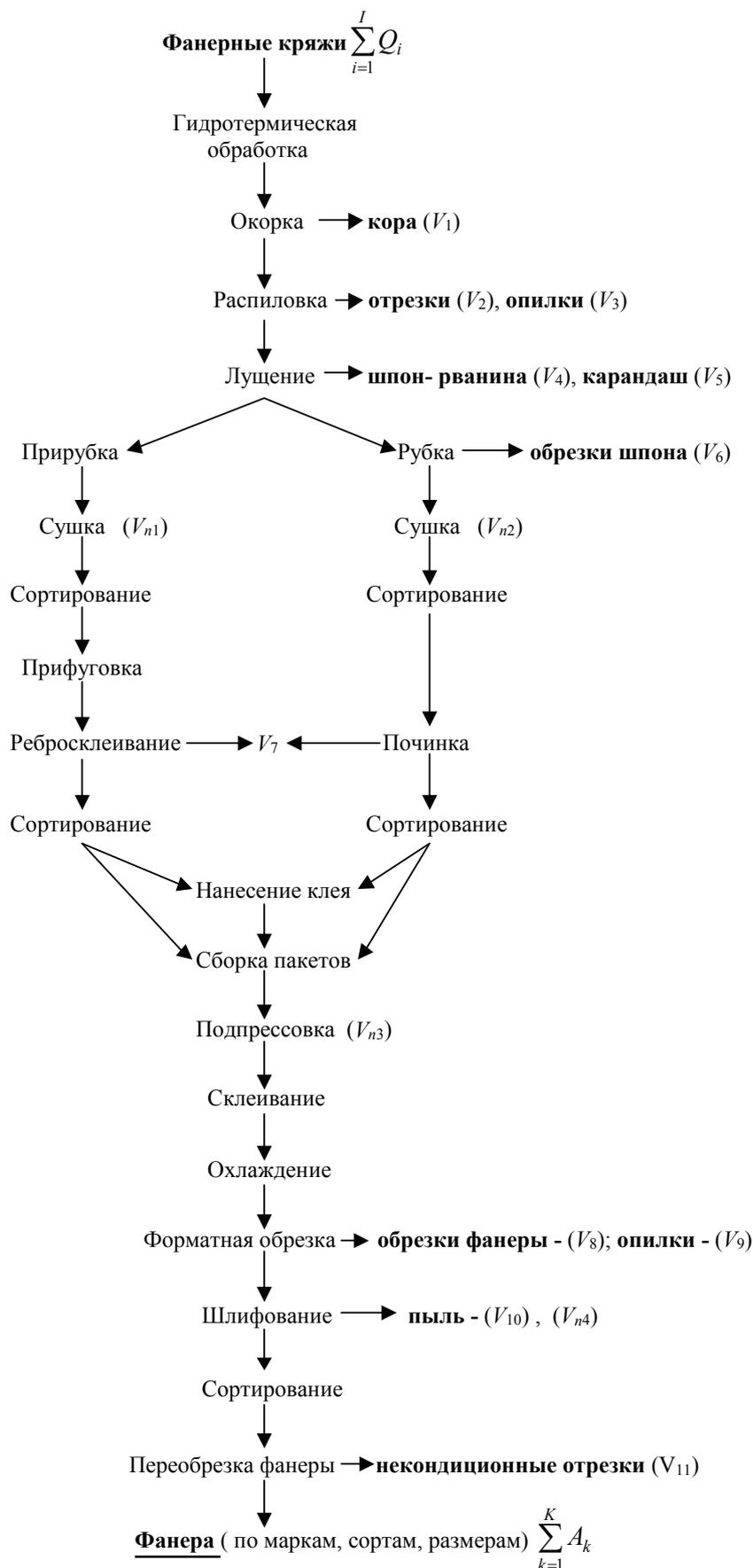


Рисунок. Функциональная модель пооперационного образования отходов фанерного производства

Текущие издержки – это материальные затраты, необходимые для реализации проекта; расходы на оплату труда и отчисления на социальные нужды; затраты, связанные с обслуживанием и ремонтом оборудования и транспортных средств; накладные расходы (административные, содержание и ремонт зданий и др.); издержки по сбыту продукции.

Ликвидационные затраты учитывают остаточную стоимость выбывающих основных фондов, а в случае невозможности их использования – ликвидационную стоимость.

В состав проекта включаются результаты: производственные (выручка от реализации продукции); экологические – от утилизации вторичных ресурсов; социальные, поддающиеся стоимостной оценке; косвенные финансовые (изменение доходов сторонних организаций и др.). Поскольку показатели, характеризующие затраты и результаты, относятся к различным моментам времени, важен вопрос их сопоставимости.

Для приведения разновременных затрат, результатов и эффектов используется норма дисконта E (коэффициент эффективности инвестиций), равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

Технически приведение к базисному моменту времени затрат, имеющих место на t -м шаге расчета реализации проекта, удобно производить путем их умножения на коэффициент дисконтирования, определяемый для постоянной нормы дисконта по формуле

$$D_t = 1 / (1 + E)^t,$$

где t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2, 3, \dots, T$).

Для оценки эффективности использования **экономического потенциала** вторичного древесного сырья с учетом эффекта от предотвращенного ущерба окружающей среде предлагается использовать показатель

$$K_{\Pi_3} = (\Sigma \Theta + \Sigma Y_n) / \Sigma Z \rightarrow \max,$$

где $\Sigma \Theta$ – суммарный экономический эффект, тыс. руб.;

ΣY_n – суммарный предотвращенный ущерб, тыс. руб.;

ΣZ – суммарные необходимые затраты, тыс. руб.

При нескольких альтернативных вариантах переработки вторичного сырья предпочтение следует отдавать тому, при котором K_{Π_3} выше. Область применения такого обобщенного критерия – предпроектные и проектные разработки.

С учетом приведенных выше формул целевая функция оптимизационной задачи выбора эффективного варианта при использовании потенциала вторичных древесных ресурсов может быть представлена следующим образом

$$\Theta_n = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J (R_{tj} - C_{tj} - Y_{tj}) D_t - \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J K_{tj} D_t \rightarrow \max.$$

Ограничения, принятые при разработке математической модели:

– переменные, выражающие физические величины, не могут быть отрицательными

$$V_j \geq 0 (j = 1, J); V_{jk} \geq 0 (J = 1, J; k = 1, K); V_{jpn} \geq 0 (J = 1, J; n = 1, N);$$

– объем коры, направляемой в производство ДСтП, не более допустимого по нормам

$$V_{12} \leq 0,15 \sum_{j=1}^{11} V_{j2};$$

– объем отходов, используемых в качестве топлива, ограничен потребностью предприятия в тепловой энергии Q_T ГДж

$$29,3 \sum_{j=1}^{11} V_{jp1} \Theta_j + \sum_{j=1}^{11} V_{jp1} \Theta_j = Q_T$$

($\Theta = 0,25$ т.у.т./м³ для сырых древесных отходов; $\Theta = 0,20$ т.у.т./м³ для коры; $\Theta = 0,33$ т.у.т./м³ для сухих древесных отходов);

– объем используемых отходов не может превышать их ресурсов

$$\sum_{k=1}^k V_{jk} + V_{jp} + V_{jy} \leq V_j;$$

– объем выпуска дополнительной продукции не может быть меньше установленного минимума $A_{k \min}$

$$\sum_{j=1}^J (V_{jk} / q_{jk}) \geq A_{\min}.$$

Последнее ограничение косвенно связано с ограничением минимальной загрузки оборудования, используемого при переработке вторичного древесного сырья. Аналогичные модели могут быть получены

для любых других деревообрабатывающих производств. Однако необходимо заметить, что они не в полной мере отражают многостороннюю целевую направленность использования отходов. Поэтому весьма перспективным при решении подобных задач представляется использование комплексных показателей. Примером такого показателя может быть так называемая функция желательности [4].

Под «желательностью» g в данном случае следует понимать тот или иной желательный уровень параметра оптимизации (обобщающего или дополнительного показателя). Функция желательности определена в интервале от 0 до 1 и используется в качестве безразмерной шкалы, названной шкалой желательности, для оценки уровней параметров оптимизации.

Для исследуемой проблемы повышения эффективности использования древесного сырья шкала может выглядеть так:

$g = 1,00$ – максимально возможный уровень показателя, который часто неизвестен, иногда точно определен. Обычно принимается уровень показателя, превышающий лучший мировой, или максимально возможный уровень, или же уровень, улучшить который не имеет смысла.

Не всегда следует добиваться максимально возможного значения показателя по экономическим или технологическим соображениям. (Например, часто неизвестно, каков фактический срок службы изделия, но известно, что 0 % трещиноватости, т.е. полное отсутствие растрескивания, – максимально возможный уровень качества сушки пиломатериалов);

1,00–0,80 – превосходный уровень показателя (очень высокий уровень, которого также не всегда следует добиваться); рекомендуется принимать лучший уровень, т.е. наилучшее значение показателя среди всех рассматриваемых аналогов (мировых или отраслевых);

0,80–0,63 – отличный и хороший уровень показателя (несколько выше, чем среднемировой или среднеотраслевой);

0,63 – среднемировой (среднеотраслевой) уровень показателя;

0,63–0,37 – удовлетворительный уровень показателя, превышающий минимально допустимый уровень и нуждающийся в улучшении;

0,37 – минимально допустимый уровень показателя (например, соответствует предельному уровню рентабельности продукции);

0,37–0,20 – недопустимый уровень показателя, не соответствующий поставленным целям (убыточное производство);

0 – максимально нежелательный, абсолютно неприемлемый уровень показателя.

С помощью шкалы желательности оцениваются вычисленные значения показателей с точки зрения их соответствия каким-либо «эталонным» значениям. Каждому фактическому значению функции желательности придается конкретный смысл, связанный с уровнем какого-либо показателя эффективности использования малоценного и вторичного древесного сырья.

В качестве критериев оценки эффективности переработки древесного сырья используются как количественные, так и качественные показатели. В этом случае применение теории функции желательности научно обосновано.

Необходимо отметить, что значения g на шкале желательности можно смещать вверх или вниз, в зависимости от конкретных ситуаций. При сопоставлении показателей каких-либо критериев и значений безразмерной шкалы желательности возможны варианты, отличающиеся друг от друга в зависимости от особенностей исследуемой проблемы, а также от результатов ранжирования самих критериев.

Построение шкалы желательности и установление соответствия между значениями параметров и их желательностью наиболее сложный и ответственный шаг в процедуре вычисления комплексного показателя эффективности использования малоценного и вторичного древесного сырья. Если для некоторых показателей промежуточные значения на шкале желательности определяются объективной значительностью конкретного свойства и возможностью его улучшения, то для оценки других показателей может ока-

заться полезным мнение независимых исследователей (экспертов).

Методика оценки эффективности направления использования малоценного и вторичного древесного сырья предусматривает применение функции желательности в качестве комплексного показателя и заключается в том, что значения каждого из параметров оптимизации y_j , которых в задаче может быть сколь угодно много, переводятся в соответствующие желательности g_j . Затем, с учетом оценок уровней отдельных параметров, рассчитывается комплексный показатель, или обобщенная функция желательности G , представляющая собой среднее геометрическое желательностей отдельных параметров

$$G = \sqrt[m]{g_1 g_2 \dots g_m},$$

где m – число используемых показателей.

В результате обобщенная функция желательности оказывается единственным параметром взамен многих. Сравнивая зна-

чения G различных вариантов, выбираем тот, который в большей мере, по сравнению с другими, соответствует поставленным целям. Именно для этого варианта вычисленное значение обобщенной функции желательности будет наибольшим.

Библиографический список

1. Мосягин, В.И. Вторичные ресурсы лесного комплекса / В.И. Мосягин. – СПб.: ЛТА, 1998. – 231 с.
2. Мкртчян, Г.М. Методы оценки эффективности освоения природных ресурсов / Г.М. Мкртчян. – Новосибирск: Наука, 1984. – 206 с.
3. Кожухов, Н.И. Экономия и рациональное использование материальных ресурсов в отраслях лесного комплекса / Н.И. Кожухов, А.Н. Обливин // Материальные ресурсы: рациональное использование и экономия. – М.: Лесная пром-сть, 1985. – 128 с.
4. Титунин, А.А. Ресурсосбережение в деревообрабатывающей промышленности. Организационно-технические аспекты: монография / А.А. Титунин. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2007. – 142 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В МЕБЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Д.В. ТУЛУЗАКОВ, доц. каф. сопротивления материалов МГУЛ, канд. техн. наук,
Ю.Г. ЛАПШИН, проф. каф. сопротивления материалов МГУЛ, д-р техн. наук,
А.И. РОДИОНОВ, доц. каф. прикладной математики МГУЛ, канд. техн. наук

caf-sopromat@mgul.ac.ru

В настоящее время ДСтП, облицованные тонкими защитными декоративными пленками, не изменяющими их механические характеристики, широко применяются в производстве корпусной мебели в качестве конструкционного материала. Отечественные и зарубежные стандарты позволяют производить плиты различных толщин и с большим диапазоном механических характеристик. Исследованию напряженно-деформированного состояния плит в конструкции мебели посвящен ряд работ [1–3], из которых следует, что для несущей конструкции корпусной мебели наиболее важным параметром является прочность при изгибе. Для полок же наиболее важным является параметр жесткости. Оптимизации структурно-механических параметров плит по прочности с учетом результатов, полученных в работах [1–3], посвящена

работа [4]. В этой работе целевой функцией является стоимость сырья и материалов на 1 м² плиты. Однако данная задача решалась как однокритериальная и не учитывала такого важного параметра, как токсичность. Если добавить к данной задаче такой параметр, как токсичность, и ввести дополнительный критерий прочности при изгибе, то мы имеем многокритериальную задачу.

Для решения таких задач существует несколько методов, но мы остановились на методе Соболя-Статникова, названном академиком К.В. Фроловым [8] одним из наиболее удачных методов многокритериальной оптимизации, который широко используется на практике.

В основу метода положен диалог конструктора с ЭВМ, анализирующего результаты расчета критериев качества в различных точках пространства проектирования.

Результаты расчета на ЭВМ для двух типов плит Е1 и Е2 и трех расчетных случаев

Параметры	Плита Е1			Плита Е2		
	Корпус из учета прочности на изгиб	Полки из учета их жесткости (до 1 м)	Стеллажи из учета их жесткости (до 2 м)	Корпус из учета прочности на изгиб	Полки из учета их жесткости (до 1 м)	Стеллажи из учета их жесткости (до 2 м)
Плотность, ρ , кг/м ³	680	740	700	660	700	635
Расход связующего, p , %	7,4	7	7,8	10	9	9
Толщина плиты, h , см	1,5	3,3	3,3	1,2	1,8	3

Токсичность при условии соблюдения всех технологических параметров зависит от количества связующего. Эта зависимость может быть представлена согласно С.П. Тришину [7] в виде

$$T = 1,5p - 2,$$

где T – содержание формальдегида в мг/100 г плиты;

p – содержание связующего в %.

Отсюда следуют ограничения на расход связующего для плит класса токсичности Е1 $p \leq 8$ и для плит класса Е2 $p \leq 28$.

Поэтому в качестве одного из варьируемых параметров был принят расход связующего p . В качестве остальных параметров проектирования в данном случае принимались толщина заготовки h и плотность ρ . Параметрические ограничения для плит класса Е1 выглядели следующим образом

$$600 \text{ кг/м}^3 \leq \rho \leq 800 \text{ кг/м}^3,$$

$$5\% \leq p \leq 7,5\%, 1 \text{ см} \leq h \leq 3 \text{ см}.$$

В качестве одного из критериев была выбрана относительная стоимость, учитывающая существующие в настоящее время соотношения цены смолы и древесины и их расход на производство 1 кв. м плиты. В результате получили формулу для первого критерия $F_1 = h\rho(0,2 + 0,01p) \rightarrow \min$.

Зависимость прочности и жесткости плит в зависимости от расхода связующего согласно [3] аппроксимируем следующими зависимостями: $\sigma = 0,2\rho + 10p - 80$, $E = 20\rho + 3000p - 20000$, где σ – предел прочности при изгибе, кГ/см², E – модуль упругости при изгибе, кГ/см². Используя известные формулы сопротивления материалов, можем получить критерий прочности для плит, предназначенных для изготовления корпусных изделий и для полок пролетом до 1 м

$$F_2 = h^2 - 6M/(0,2\rho + 10p - 80) \rightarrow \min,$$

где M – изгибающий момент.

Согласно [3] этот момент можно взять 35 кГ·см. С учетом запаса прочности 1,5 уравнение выглядит следующим образом

$$F_2 = h^2 - 9M/(0,2\rho + 10p - 80) \rightarrow \min,$$

Критериальные ограничения

$$F_1^* = 0; F_2^* = 0;$$

Критерий по жесткости

$$F_2 = (20\rho + 3000p - 20000)h^3 \leq 4 \cdot 10^4,$$

а с учетом запаса прочности 1,5 уравнение выглядит следующим образом

$$F_2 = (20\rho + 3000p - 20000)h^3 \leq 6 \cdot 10^4$$

В результате расчета на ЭВМ для двух типов плит Е1 и Е2 и трех расчетных случаев: расчет корпуса из условия прочности; расчет мебельных полок длиной до 1 м на жесткость; расчет стеллажей до 2 м – мы получили следующие результаты (таблица).

Библиографический список

1. Королев, В.И. Основы рационального конструирования мебели / В.И. Королев. – М.: 1973. – 192 с.
2. Поташов, О.Е. Древесно-стружечные плиты в конструкциях мебели / О.Е. Поташов, Ю.Г. Лапшин, А.Ф. Абельсон. – М., 1978. – 85 с.
3. Поташов, О.Е. Механика древесных плит / О.Е. Поташов, Ю.Г. Лапшин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 112 с.
4. Лапшин, Ю.Г. Оптимизация структурно-механических параметров ДСП / Ю.Г. Лапшин // Пром-сть строительных материалов Москвы, 1991. – №4. – С. 15
5. Соболев, И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И.М. Соболев, Р.Е. Статников. – М.: Наука, 1981. – 110 с.
6. Шимкович, Д.Г. Основы оптимального проектирования элементов конструкции лесных машин: уч. пос. / Д.Г. Шимкович. – М.: МГУЛ, 1990. – 68 с.
7. Тришин, С.П. Технология древесных плит / С.П. Тришин. – М.: МГУЛ, 2007. – 187 с.
8. Фролов, К.В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиноведения / К.В. Фролов. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОСМОЛЕНИЯ КРУПНОРАЗМЕРНОЙ ДРЕВЕСНОЙ СТРУЖКИ

В.М. РЯБКОВ, доц. каф. УАП ЛПК МГУЛ, канд техн. наук,
Е.С. СКОТНИКОВ, асп. каф. УАП ЛПК МГУЛ,
Д.С. СМИРНОВ, асп. каф. УАП ЛПК МГУЛ,
А.С. ЛАПИН, асп. каф. УАП ЛПК МГУЛ

ryabkov@mgul.ac.ru

Одно из требований, предъявляемых к осмолению крупноразмерной стружки, заключается в том, что этот процесс должен проходить с минимальным измельчением материала. Поэтому на основании предварительных исследований приняли степень измельчения i , определяемую по формуле

$$i = (d')^3 / (d'')^3,$$

где d' и d'' – эквивалентные диаметры частицы соответственно до и после осмоления.

Эквивалентный диаметр частицы d_3 определяли с помощью ситового анализа из соотношения

$$d_3 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n x_i},$$

где d_i – средний диаметр отверстий сит, мм;

n – число исходных фракций;

x_i – массовая доля фракции, %

Средний диаметр отверстий сит определяли как полусумму диаметра ячеек верхнего сита, через которое прошли все частицы данной фракции, и диаметра ячеек нижнего сита, на котором частицы этой фракции задержались.

На рис. 1. видно, что с увеличением продолжительности осмоления наибольшему измельчению подвергается стружка в барабане с коэффициентом заполнения 10 %. При $Kз = 20-30$ % степень измельчения значительно меньше. Большое измельчение в барабане при $Kз = 10$ % можно объяснить частыми ударами частиц между собой и о стенки барабана.

Исследования показали, что лучшая равномерность распределения связующего в стружке разных фракций и физико-механические показатели плит при частоте вращения барабана 30 мин^{-1} достигается при $Kз = 10-20$ % и продолжительности осмоления 15–25 мин.

Определение оптимальных режимов работы барабанного смесителя для получения хорошего качества осмоленной стружки, обеспечивающей высокие физико-механические показатели плит, проводили постановкой активного эксперимента. В качестве метода планирования использовали ортогональный центральный композиционный план (ЦКП) типа 3^2 . Исследования проводили со стружкой, полученной на специальном стружечном станке из основных отходов спичечного производства. Полученную стружку сортировали на лабораторном сепараторе с отбором фракции 20/5, высушивали до влажности 3–5 %. В качестве связующего использовали феноло-формальдегидную смолу марки СФЖ-3014. Прессовали однослойные плиты толщиной 10 мм при температуре плит пресса 180°C и продолжительностью 0,5 мин/мм. Переменные факторы и уровни их варьирования представлены в табл. 1.

Матрица проведения эксперимента и результаты представлена в табл. 2.

После реализации матрицы получили адекватные математические уравнения регрессии в кодированных переменных

$$\sigma u = 31,782 - 1,86 \cdot X_1 + 0,973 \cdot X_2 - 2,385 \cdot X_1^2 + 3,35 \cdot X_2^2 + X_1 \cdot X_2;$$

$$\sigma p = 0,431 - 0,136 \cdot X_1 + 0,095 \cdot X_2 - 0,097 \cdot X_1^2 + 0,000167 \cdot X_2^2 - 0,022 \cdot X_1 \cdot X_2;$$

$$\Delta S = 6,265 + 0,1 \cdot X_1 + 0,257 \cdot X_2 + 0,013 \cdot X_1^2 + 0,0018 \cdot X_2^2 - 0,017 \cdot X_1 \cdot X_2.$$

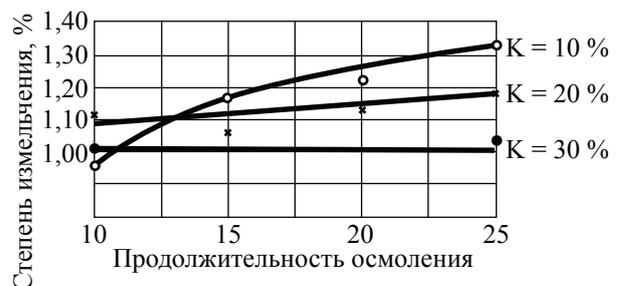


Рис. 1. Зависимость степени измельчения стружки от продолжительности осмоления

Т а б л и ц а 1

Переменный фактор	Обозначение фактора		Основной уровень X_0	Шаг варьирования ΔX
	натурального	кодированного		
Коэффициент заполнения, %	K_3	X_1	20	10
Продолжительность осмоления, мин.	R	X_2	15	10

Т а б л и ц а 2

Переменный фактор				Выходные параметры		
X_1	$K_3, \%$	X_2	$t, \text{ мин.}$	Предел прочности плит, МПа		Разбухание по толщине $\Delta S, \%$
				при статическом изгибе $\sigma_{\text{н}}$	при растяжении перпендикулярно пласти $\sigma_{\text{р}}$	
-1	10	-1	5	33,33	0,349	8,86
0	20	-1	5	35,89	0,318	13,38
+1	30	-1	5	27,59	0,145	19,61
-1	10	0	15	33,00	0,504	10,40
0	20	0	15	27,35	0,407	12,50
+1	30	0	15	29,32	0,186	17,54
-1	10	+1	25	32,79	0,554	11,92
0	20	+1	25	38,81	0,567	12,33
+1	30	+1	25	31,05	0,262	15,87

Переход к натуральным переменным выполняли по формулам

$$K_3 = (X_1 - X_{01}) / \Delta X_1 = (X_1 - X_{20}) / 10 = 0,1 \cdot X_1 - 2;$$

$$R = (X_2 - X_{02}) / \Delta X_2 = (X_2 - 15) / 10 = 0,1 \cdot X_2 - 1,5.$$

Уравнения регрессии в натуральных переменных имеют следующий вид

$$\sigma_{\text{н}} = 33,24 + 0,798 \cdot K_3 - 1,1077 \cdot t - 0,028 \cdot K_3^2 + 0,0335 \cdot t^2; \quad (1)$$

$$\sigma_{\text{р}} = 0,1068875 + 0,0285 \cdot K_3 + 0,01385 \cdot t - 0,00097 \cdot K_3^2 + 0,00000167 \cdot t^2 - 0,00022 \cdot K_3; \quad (2)$$

$$\Delta S = 6,265 + 0,1 \cdot K_3 + 0,257 \cdot t + 0,013 \cdot K_3^2 + 0,0018 \cdot t^2 - 0,017 \cdot K_3 \cdot t. \quad (3)$$

Для того чтобы определить зоны оптимальных физико-механических показателей, необходимо изучить форму поверхности отклика в пределах области данного исследования. С этой целью уравнения регрессии подвергли каноническим преобразованиям, сущность которых заключалась в параллельном переносе начала координат в точку S с целью исключения из уравнений линейных членов и в повороте координатных осей с целью исключения из уравнений членов, содержащих двойные взаимодействия. В результате преобразований вместо уравнений регрессии получили квадратное уравнение в каноническом виде

$$Y_R - Y_{RS} = B_{11} \cdot X_{1K}^2 + B_{22} \cdot X_{2K}^2,$$

где Y_{RS} – значение выходного параметра в начале S осей преобразованных координат;

X_{1K}, X_{2K} – оси координат после преобразования;

B_{11}, B_{22} – коэффициенты уравнения второго порядка в канонической форме.

В результате преобразования уравнение (1) приняло следующий вид

$$Y - 32,043 = 0,0339 \cdot X_{1K}^2 - 0,0288 \cdot X_{2K}^2.$$

Из этого уравнения следует, что поверхность отклика имеет форму гиперболического параболоида. Центр поверхности точка S имеет координаты $X_{1S} = 16,55, X_{2S} = 14,06$. Значение выходного параметра в точке S равно 32,043 МПа.

Положение осей гиперболического параболоида SX_{1K} и SX_{2K} вычислили по формуле:

$$X_2 = X_{2S} + (X_1 - X_{1S}) \cdot K,$$

где K – угловые коэффициенты осей SX_{1K} и SX_{2K} .

Для более точного определения конфигурации поверхности отклика произвели сечение ее плоскостями, параллельными плоскости $X_{1K}SX_{2K}$, и получили семейство изолиний (рис. 2а), по которым видно, что величина σ возрастает от центра поверхности отклика по направлению оси X_{1K} , причем значение 35 МПа (требование ТУ) достигается лишь $t = 23-25$ мин.

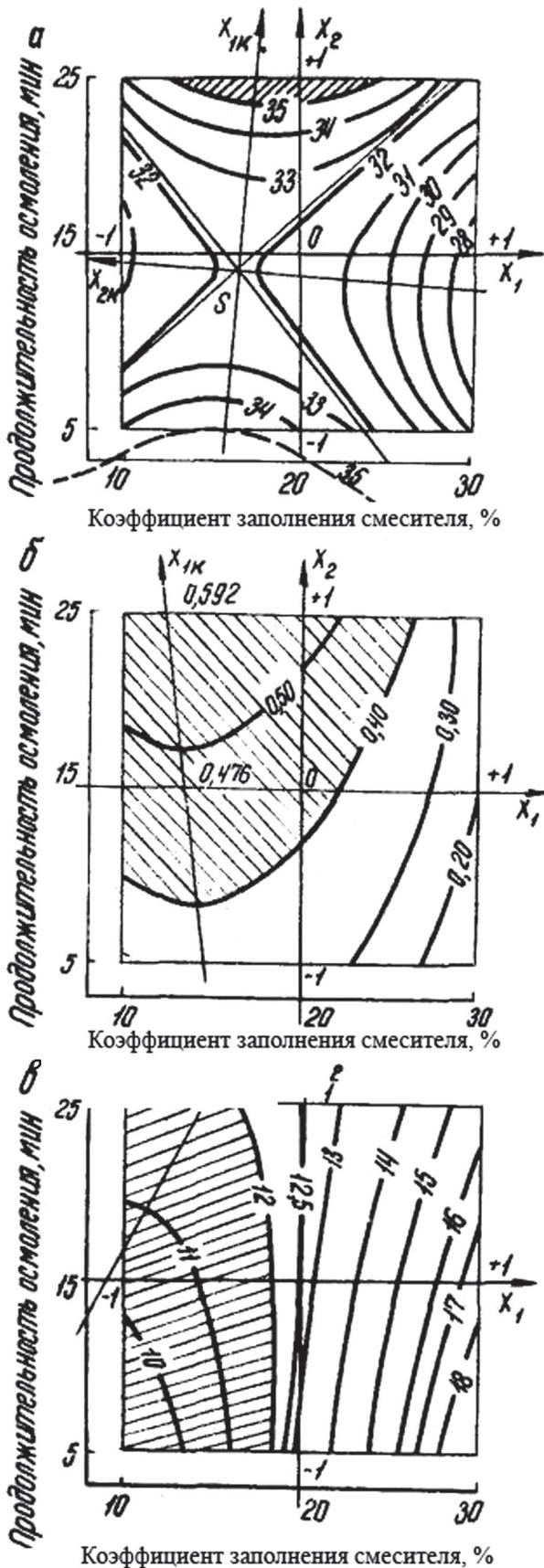


Рис. 2. Области оптимальных значений прочности: а – при статическом изгибе; б – при растяжении перпендикулярно пласти; в – разбухание по толщине

Все точки, лежащие на плоскости между изолинией 35 и прямой $t = 25$ мин., будут иметь значения $\sigma u > 35$ МПа; условно ее назвали областью оптимального предела прочности при статическом изгибе.

В результате канонических преобразований уравнение (2) приняло следующий вид $Y_1 + 1,6765 = 0,0000140 \cdot X_{1S} - 0,0009822 \cdot X_{2S}$.

Из этого уравнения видно, что поверхность отклика представляет собой гиперболический параболоид. Координаты центра поверхности отклика $X_{1S} = 57,25, X_{2S} = 375,27$, т.е. центр S находится за пределами области исследования и на рис. 2б проведена лишь ось X_{1K} .

Изолинии представляют собой гиперболы, вытянутые вдоль оси SX_{1K} . По техническим условиям $\sigma p = 0,40$ МПа, следовательно, вся площадь между изолинией 0,4 и прямыми $K = 10\%$ и $t = 25$ мин. будет являться областью оптимального предела прочности при разрыве перпендикулярно пласти. После преобразования уравнения (3) получено каноническое уравнение следующего вида

$$Y_1 - 12,987 = 0,0176 \cdot X_{1S}^2 - 0,0028 \cdot X_{2S}^2.$$

Из него следует, что поверхность отклика представляет собой гиперболический параболоид с координатами центра $X_{1S} = 24,20, X_{2S} = 42,90$. Значение выходного параметра в центре S равно $\Delta S = 12,987\%$. Изолиниями являются гиперболы, вытянутые вдоль оси X_{2K} (см. рис. 2в). Техническими условиями допускается разбухание не более 12%, следовательно, область оптимального разбухания расположена между изолинией 12, прямыми $t = 5$ мин., $Kz = 10\%$ и $t = 25$ мин.

На рис. 3. все три оптимальные области нанесены на один график и выделена область, общая для трех выходных параметров, – предела прочности при статическом изгибе, при растяжении перпендикулярно пласти и разбухания.

По результатам исследований сделали следующие выводы. Продолжительность 23–25 мин. и коэффициент заполнения 13–16% при частоте вращения барабана 30 мин.^{-1} – наиболее рациональный режим осмоления, позволяющий получать плиты с наилучшими физико-механическими показателями. Результатами экспериментальной проверки оптимальной зоны подтверждены полученные режимы осмоления в смесителе барабанного типа.

Т а б л и ц а 3

Переменный фактор	Обозначение фактора		Уровень варьирования	
	натурального	кодированного	нижний	верхний
Коэффициент заполнения, %	<i>Kз</i>	X1	20	60
Продолжительность осмоления, мин.	<i>t</i>	X2	5	9
Окружная скорость вращения лопастей, м/с	<i>V</i>	X3	2	5
Зазор между лопастью и корпусом, мм	<i>h</i>	X4	30	60

Т а б л и ц а 4

Переменные факторы								Выходные параметры		
X1	Kз, %	X2	<i>t</i> , мин.	X3	<i>V</i> , м/с	X4	<i>h</i> , мм	Y1	Y2	Y3
-1	20	-1	5	-1	2	+1	60	8,23	0,02	89,55
+1	60	-1	5	-1	2	-1	30	16,68	0,14	38,68
-1	20	+1	9	-1	2	-1	30	15,51	0,19	42,10
+1	60	+1	9	-1	2	+1	60	14,34	0,09	76,09
-1	20	-1	5	+1	5	-1	30	31,93	0,40	22,79
+1	60	-1	5	+1	5	+1	60	23,79	0,28	28,30
-1	20	+1	9	+1	5	+1	60	36,44	0,34	22,99
+1	60	+1	9	+1	5	-1	30	32,67	0,55	21,26

Примечание: Y1 – предел прочности при статическом изгибе $\sigma_{и}$, МПа; Y2 – предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти $\sigma_{р}$, МПа; Y3 – разбухание по толщине ΔS , %.

В связи с тем, что барабанный смеситель имеет низкую производительность, исследовали процесс осмоления в лопастном смесителе. В результате исследований выявили основные конструктивные и технологические параметры, влияющие на процесс осмоления. Зазор между лопастью и корпусом смесителя определили серией предварительных опытов и приняли равным 30–60 мм, так как с увеличением его до 80–100 мм при коэффициентах заполнения смесительного барабана 10, 20 и 30 % перемешивания стружки со связующим не происходит. Эксперименты по выбору типа лопастей показали, что в наименьшей степени стружка измельчается в смесителе с роговидными лопастями при окружной скорости их вращения $V = 2$ м/с и $Kз = 40$ %. Степень измельчения оценивали по фракции -/15 – основной в процессе ориентирования стружечного ковра. При шаге лопастей 400 и 600 мм в смесителе в процессе перемешивания образуются «мертвые» зоны, т.е. места, где стружка не захватывается лопастями при $V = 2$ м/с и $Kз = 10$ –30 %.

На основании предварительных исследований выбрали уровни варьирования факторов и план проведения эксперимента. В качестве метода планирования приняли дробный факторный эксперимент тип 2^{4-1} .

В табл. 3 приведены переменные факторы и уровни их варьирования.

Исследования проводили при стабилизации технологических параметров осмоления на следующих уровнях:

Марка смолы	СФЖ-3014
Порода древесины	Осина
Вал	С роговидными лопастями
Шаг лопастей, мм	200
Концентрация смолы, %	47–49
Влажность сухой стружки, %	3+1
Геометрические параметры стружки, мм	
Длина	До 60
Ширина	До 15
Толщина	До 0,7
Число форсунок	4
Расстояние от сопел форсунок до смесительного вала, мм	750
Расход связующего, % от абс. сухой стружки	10

В табл. 4 приведены матрица планирования и результаты эксперимента.

Древесную стружку заданных геометрических размеров изготавливали из осиновых чураков на лабораторном дисковом стружечном станке, сушили в лабораторной сушилке до требуемой влажности и выдерживали в течение 2 суток в полиэтиленовых

мешках для выравнивания влажности. Крупноразмерную стружку смешивали со связующим в лабораторном смесителе с роговидными лопастями. Техническая характеристика смесителя приведена ниже:

Количество одновременно загружаемой стружки, кг	10
Число лопастей	6–14
Окружная скорость вращения лопастей, м/с	1–5
Установленная мощность, кВт	2,2

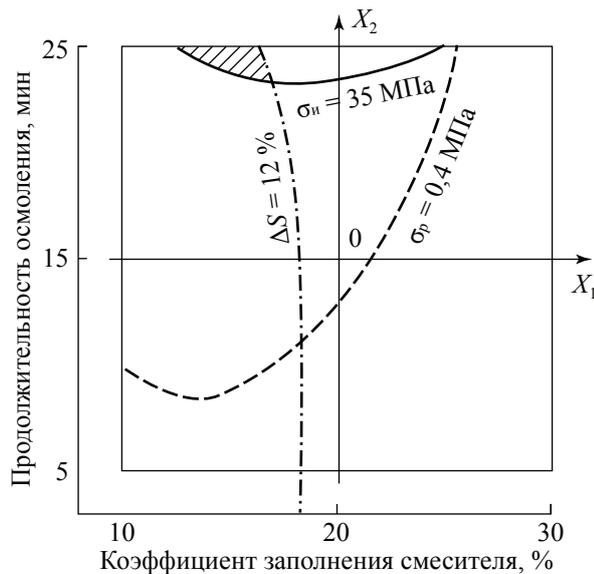


Рис. 3.

После проведения экспериментов по осмолению формировали ковер, который подпрессовывали в прессе ВП 9024Н при давлении 0,6 МПа и продолжительности 30 с. Плиту прессовали по диаграмме при максимальном удельном давлении 3 МПа и продолжительности 0,5 мин./мм толщины плиты.

В результате реализации матрицы определили физико-механические показатели плит для каждого опыта.

После обработки опытных данных методом математического планирования получили три адекватных уравнения регрессии для предела прочности при статическом изгибе, при растяжении перпендикулярно пласти и для разбухания по толщине.

Уравнение регрессии для предела прочности при статическом изгибе имеет следующий вид

$$Y1 = 22,45 - 0,58 \cdot X1 + 2,29 \cdot X2 + 8,76 \cdot X3 - 1,75 \cdot X4 - 0,66 \cdot X1 \cdot X2 - 2,4 \cdot X1 \cdot X3 - 1,05 \cdot X1 \cdot X4.$$

Из уравнения следует, что наибольшее влияние на предел прочности при статическом изгибе оказывает окружная скорость вращения лопастей. С увеличением ее предел прочности резко возрастает. Значительно влияют продолжительность осмоления и зазор между лопастями и барабаном, а также коэффициент заполнения в сочетании со скоростью вращения лопастей и зазором между ними и барабаном. Незначительное влияние на этот показатель оказывает коэффициент заполнения смесителя, а также совместное воздействие коэффициента заполнения и продолжительности осмоления.

Более полный качественный анализ влияния факторов получили методом сечений поверхности отклика Y – плоскостями $X4 = -1, X4 = 0;$

$X4 = +1$ (рис. 4 а). Исходя из того, что требуемый предел прочности при статическом изгибе достигается лишь при окружной скорости вращения лопастей 5 м/с, приняли его постоянным при построении изолиний (линий равного выхода). Из рис. 4а следует, что с уменьшением коэффициента заполнения и увеличением продолжительности осмоления прочность на статический изгиб возрастает. Причем требуемая прочность достигается при $Kз = 20 \%, t = 7$ мин.; при $Kз = 40 \%$ требуется продолжительность осмоления не менее 9 мин. С уменьшением коэффициента заполнения от 60 до 20 % прочность на статический изгиб увеличивается (рис. 1б). При этом продолжительность осмоления на этот показатель значительного влияния не оказывает. На рис. 1б видно, что при $X4 = 0/h = 45$ мм требуемая прочность не достигается. При $X4 = +1/h = 60$ мм прочность на статический изгиб увеличивается с уменьшением $Kз$ и t (рис. 1в). Требуемая прочность достигается при $Kз = 20 \%$ и $t = 5-6$ мин.

Уравнение регрессии для предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти имеет следующий вид

$$Y2 = 13 \cdot X1 + 0,042 \cdot X2 + 0,144 \cdot X3 - 0,07 \cdot X4 + 0,015 \cdot X1 \cdot X2 + 0,008 \cdot X1 \cdot X3 - 0,011 \cdot X1 \cdot X4.$$

Из уравнения следует, что наибольшее положительное влияние на предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти оказывает окружная скорость вращения лопастей.

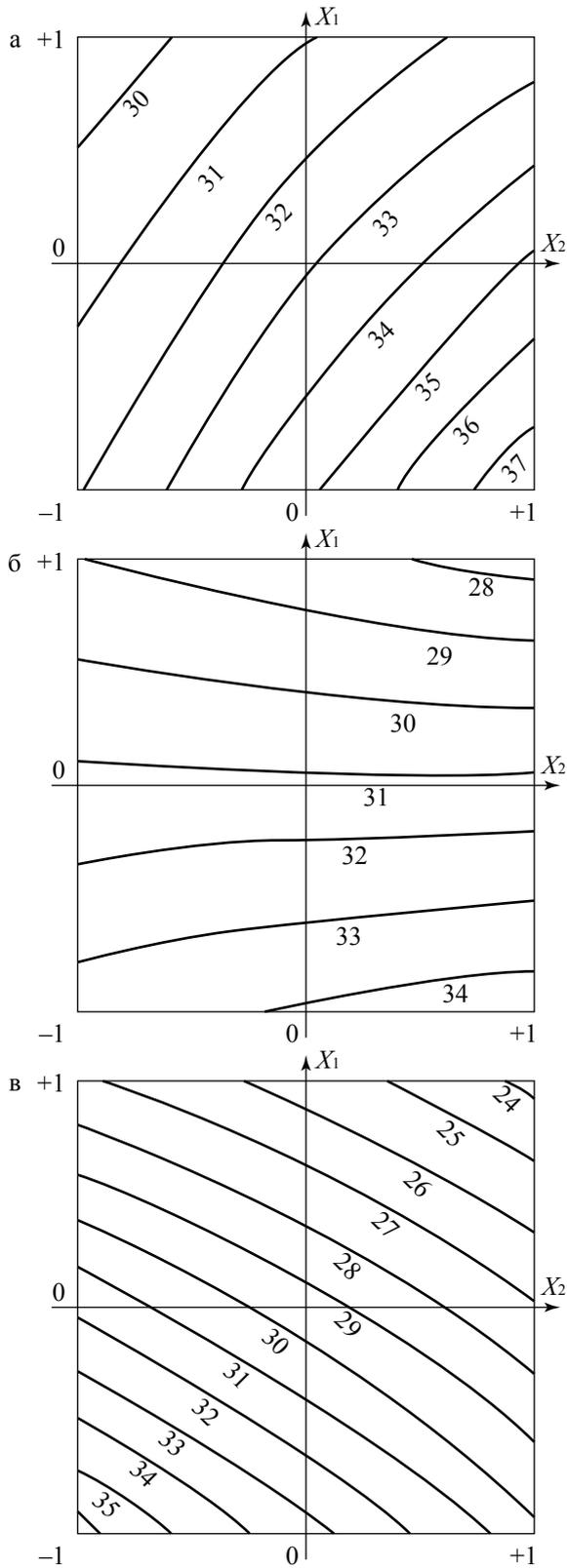


Рис. 4. Линии равного уровня предела прочности при статическом изгибе в зависимости от коэффициента заполнения и продолжительности осмоления: а – сечение $X_3 = +1, X_4 = -1$; б – сечение $X_3 = +1, X_4 = 0$; в – сечение $X_3 = +1, X_4 = +1$

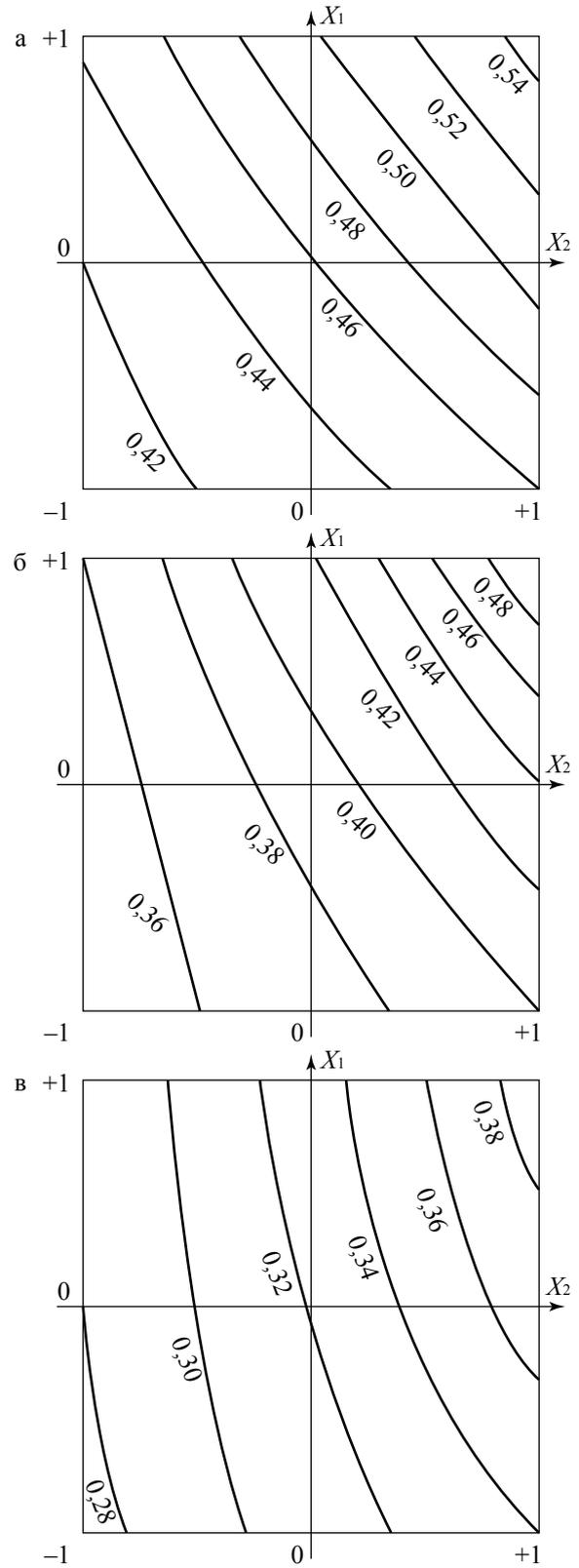


Рис. 5. Линии равного уровня предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти: а – сечение $X_3 = +1, X_4 = -1$; б – сечение $X_3 = +1, X_4 = 0$; в – сечение $X_3 = +1, X_4 = +1$

Значительное отрицательное влияние имеет зазор между лопастями смесителя и барабаном. Остальные факторы и сочетания их несущественно влияют на этот показатель.

На рис. 5 показаны сечения поверхности отклика σ_p плоскостями $X_4 = -1$; $X_4 = +1$.

На рис. 5а видно, что с увеличением коэффициента заполнения и продолжительности осмоления предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти возрастает при условии, что зазор $h = 30$ мм. В этом случае данный показатель достигает требуемого значения во всем диапазоне исследования, т.е. при $K_3 = 20-60\%$ и $t = 5-9$ мин. С увеличением K_3 и t прочность на растяжение повышается (см. рис. 5б). Требуемая прочность при $K_3 = 20\%$ достигается при $t = 9$ мин., а при $K_3 = 60\%$ достаточно $t = 6,5$ мин. Из рис. 5в следует, что требуемая прочность на растяжение при заданных условиях не соблюдается.

Уравнение регрессии для разбухания по толщине имеет следующий вид

$$U_3 = 14,72 - 1,64 \cdot X_1 - 2,11 \cdot X_2 - 18,88 \cdot X_3 + 11,51 \cdot X_4 + 9,7 \cdot X_1 \cdot X_2 + 2,58 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,4 \cdot X_1 \cdot X_4.$$

Из уравнения следует, что наибольшее влияние на разбухание плит имеет окружная скорость вращения лопастей. С ее увеличением разбухание уменьшается. Значительное влияние оказывают зазор между лопастями и

барабаном, а также совместное воздействие коэффициента заполнения и продолжительности осмоления. Остальные факторы незначительно влияют на разбухание плит.

В натуральных переменных уравнения имеют следующий вид

$$\begin{aligned} \sigma_u &= -21,67 + 0,52 \cdot K_3 + 1,8 \cdot t + 9,08 \cdot V + \\ &+ 0,024 \cdot h - 0,016 \cdot K_3 \cdot t - 0,08 \cdot K_3 \cdot V - 0,003 \cdot K_3 \cdot h; \\ \sigma_p &= 0,026 - 0,0012 \cdot K_3 + 0,0061 \cdot t - 0,0853 \cdot V - \\ &- 0,032 \cdot h + 0,0004 \cdot K_3 \cdot t + 0,003 \cdot K_3 \cdot V; \\ \Delta S &= 140,4 - 2,02 \cdot K_3 - 10,75 \cdot t - 16,11 \cdot V + \\ &+ 0,82 \cdot h + 0,24 \cdot K_3 \cdot t + 0,08 \cdot K_3 \cdot V - 0,001 \cdot K_3 \cdot h. \end{aligned}$$

Результаты исследований показывают возможность применения лопастного смесителя для осмоления крупноразмерной стружки. Наиболее рациональные режимы, обеспечивающие хорошее осмоление и высокое качество плит, скорость вращения лопастей 5 м/с, коэффициент заполнения 20 %, продолжительность осмоления 7-9 мин., зазор между лопастями и барабаном смесителя 30-30 мм.

Библиографический список

1. Татарчук, Г.М. Направления совершенствования оборудования для осмоления древесных частиц / Г.М. Татарчук, В.М. Рябков. – М., ВНИПИЭИлеспром, 1982.
2. Рябков, В.М. Модель измельчения древесных частиц в процессе смешивания / В.М. Рябков // Автоматизация и комплексная механизация процесса деревообработки: сб. науч. тр. МЛТИ. – Вып. 186. – 1986.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССА БЫСТРОГО АБЛЯЦИОННОГО ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЖИДКОГО БИОТОПЛИВА

А.Н. ГРАЧЕВ, доц. каф. переработки древесных материалов Казанского ГТУ, канд. техн. наук,
Ю.П. СЕМЕНОВ, проф. каф. теплотехники МГУЛ, д-р техн. наук,
А.Н. НИКОЛАЕВ, проф. каф. переработки древесных материалов Казанского ГТУ, д-р техн. наук,
Н.Ф. КАШАПОВ, проф. каф. переработки древесных материалов Казанского ГТУ, д-р техн. наук,
А.А. МАКАРОВ, асп. каф. переработки древесных материалов Казанского ГТУ

andri@hitv.ru, xp8519@rambler.ru, makar3325@rambler.ru

В последние годы во всем мире значительно вырос интерес к химическому и энергетическому использованию целлюлозосодержащих материалов, таких как древесная биомасса растительного происхождения. В литературе представлен широкий спектр методов энергетического использования различных видов биомассы – от прямого сжигания с получением тепла до

достаточно сложной химической переработки с получением из биомассы моторных топлив [1]. В настоящее время наиболее перспективным, с экономической и экологической точек зрения, считается быстрый пиролиз биомассы с получением жидких продуктов, которые в дальнейшем могут быть использованы как заменители котельного топлива.

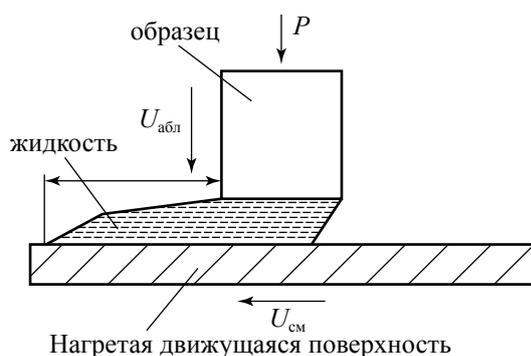


Рис. 1. Схема абляционного пиролиза

Схема абляционного пиролиза представлена на рис. 1. При быстром абляционном пиролизе биомассы происходит мгновенная передача тепла от нагретой движущейся поверхности биомассе. При этом значительная часть биомассы преобразуется в парогазовую смесь, большая часть которой (до 75 %) конденсируется, образуя жидкие продукты.

В процессе абляционного пиролиза между образцом биомассы и движущейся поверхностью образуется слой жидкости, который, видимо, образуется в результате плавления биомассы [2]. Жидкость постоянно уносится движущейся поверхностью абляции, образуя тем самым бесконечно малый слой между образцом биомассы и поверхностью абляции. Уносимая жидкость вторично разлагается и испаряется на поверхности абляции, в удалении от образца образуя парогазовую смесь.

С целью исследования процесса быстрого абляционного пиролиза биомассы авторами, при содействии гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых № МК-5209.2007.8, был проведен ряд исследований, направленных на идентификацию механизма процесса и определение его количественных и качественных характеристик.

Исследования осуществлялись на экспериментальном стенде, принципиальная схема которого представлена на рис. 2. Экспериментальный стенд для исследования быстрого абляционного пиролиза включает реакционную камеру 1, систему пневматической подачи образца, систему управления и регистрации данных, конденсатор 2, газгольдер 3, баллон с инертным газом 4. Реакционная камера 1 теплоизолирована и содержит

вращающийся в вертикальной плоскости на валу 5 диск 6. Вал 5 установлен на двух опорах качения и кинематически связан с электродвигателем 7 клиноременной передачей.

Параллельно поверхности диска 6, со стороны вала 5, в реакционной камере 1 установлен трубчатый электронагреватель 8. В нижней части камеры расположены патрубки отвода парогазовой смеси 9 и твердой фазы. Сбоку реакционной камеры 1 установлен патрубков подвода инертного газа 10, который сообщается трубопроводом через понижающий редуктор с баллоном, содержащим инертный газ 4. Герметизация реакционной камеры осуществляется крышкой 11, которая включает в себя держатель образца 12, выводы для проводов измерительных устройств, потенциометр 13 и пневмоцилиндр 14. Держатель образца 12 закреплен на двух направляющих скольжения с возможностью перемещения в направлении, перпендикулярном плоской поверхности диска 6, и соединен жесткой связью со штоком пневмоцилиндра 14 и ползунком потенциометра 13. Испытуемый образец 15 закрепляется в держателе образца 12 с помощью затяжного винта. Перемещение держателя образца 12 и создание заданного контактного усилия на поверхности образца 15 осуществляется с помощью системы пневматической подачи образца, которая включает в себя последовательно соединенные: компрессор 16, ресивер 17, регулятор давления 18, манометр 19, пневмораспределитель 20 и пневмоцилиндр 14.

Патрубок отвода парогазовой смеси 9 реакционной камеры 1 сообщается теплоизолированным трубопроводом с входным патрубком конденсатора 2. Конденсатор 2 состоит из последовательно соединенных теплообменника 21 и сборника конденсата 22. Подача парогазовой смеси из реакционной камеры 1 осуществляется в трубное пространство теплообменника 21. Межтрубное пространство теплообменника 21 соединяется с линией циркуляции хладагента (вода).

Сборник конденсата 22 представляет собой герметичную съемную емкость цилиндрической формы, снабженную радиальным патрубком отвода осушенных газов, который соединен гибким трубопроводом с газгольдером 3.

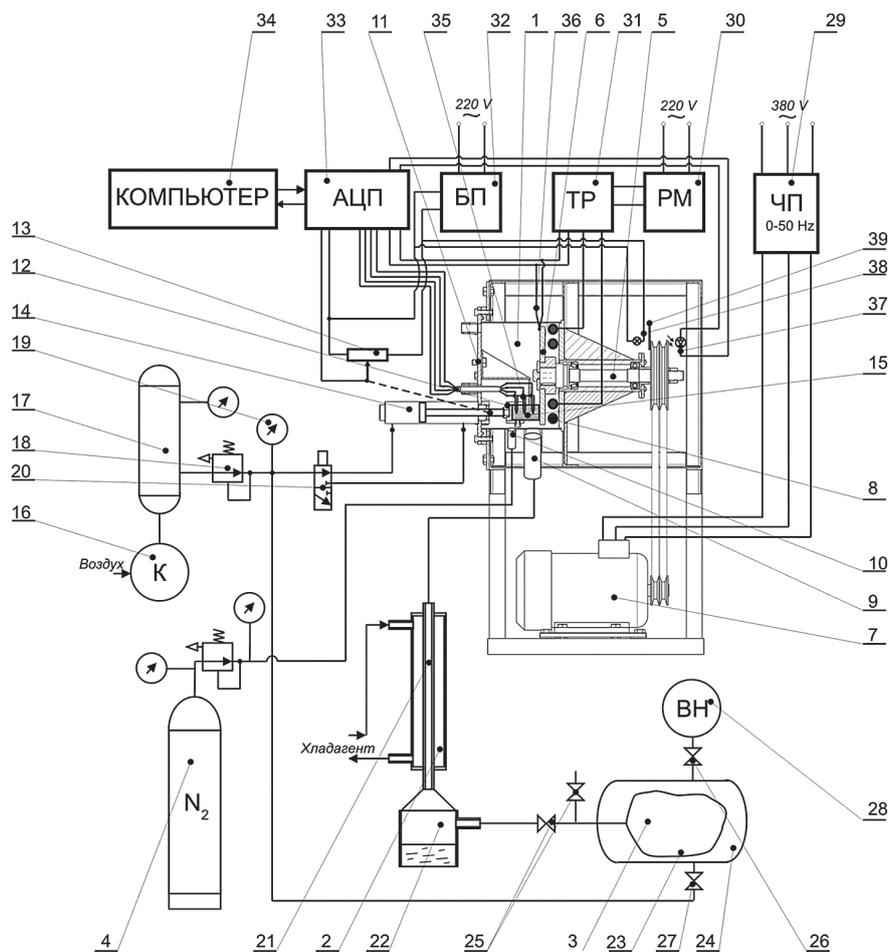


Рис. 2. Схема экспериментального стенда

Газгольдер 3 представляет собой гибкую камеру 23, расположенную внутри герметичной жесткой оболочки 24, при этом внутреннее пространство гибкой камеры 23 сообщается патрубком через запорно-регулирующую арматуру 25 с патрубком отвода осушенных газов конденсатора 2 и штуцером для отбора проб. Оболочка 24 газгольдера 3 снабжена двумя патрубками, вакуумирования и нагнетания, которые через вентили 26, 27 соединены с вакуумным насосом 28 и ресивером 17 компрессора 16 соответственно.

Система управления и регистрации данных позволяет управлять частотой вращения и температурой диска 6 и осуществлять фиксацию мгновенных значений температуры и частоты вращения диска 6, температурных полей испытуемого образца 15 и линейного перемещения держателя образца 12. Система управления и регистрации данных включает в себя частотный преобразователь VFD-B 29, регулятор мощности 30, терморегулятор 31, блок питания 32, аналогово-цифровой

преобразователь (АЦП) 33, компьютер 34 со специальным программным обеспечением, термоэлектрические преобразователи (термопары) 35 и 36, потенциометр 13. Фиксация экспериментальных данных осуществляется с помощью АЦП 33, который позволяет преобразовывать в цифровой вид и фиксировать данные 32-х независимых каналов с частотой дискретизации до 50 кГц. Полученные цифровые значения передаются посредством интерфейса USB 2.0 в память компьютера 34 и затем сохраняются в виде текстовых файлов.

Дальнейшая обработка сохраненных экспериментальных данных позволяет сделать заключение об изменении режимных параметров процесса во времени. Фиксация температуры внутри испытуемого образца 15 осуществляется термопарами 35, подключенными к аналоговому входу АЦП 33. Термопары 35 устанавливаются в подготовленные отверстия образца 15 на заданном по длине/толщине расстоянии. Измерение температуры диска 6 осуществляется с помощью термопары

36, которая имеет параллельное подключение к аналоговому входу АЦП 33 и терморегулятору 31. Фиксация значений температуры диска 6 осуществляется АЦП 33, а регулирование – терморегулятором 31 и регулятором мощности 30, соединенными с электронагревателем 8. Зависимость линейного перемещения испытуемого образца 15 во времени, а равно и изменение размера образца 15 фиксируется изменением разности потенциалов на контактах потенциометра 13. Исходная разность потенциалов на потенциометре 13 создается блоком питания 32, а ее изменение вследствие перемещения образца 15 фиксируется АЦП 33. Управление и регистрация значений частоты вращения диска 6 обеспечивается частотным преобразователем 29.

В результате обработки проведенных экспериментальных данных была получена зависимость скорости абляционного пиролиза ($U_{\text{абл}}$, м/с) и удельных энергетических затрат на процесс (q , кДж/м³) от скорости смещения образца биомассы относительно поверхности абляции ($U_{\text{см}}$, м/с), представленная на рис. 3.

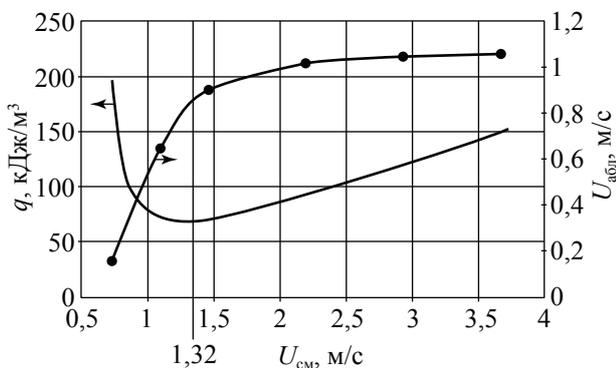


Рис. 3. Зависимость скорости абляционного пиролиза и удельных энергетических затрат от скорости смещения образца относительно поверхности абляции

Как видно из полученных зависимостей, скорость абляционного пиролиза ($U_{\text{абл}}$, м/с) с увеличением скорости смещения образца биомассы относительно поверхности абляции ($U_{\text{см}}$, м/с) значительно увеличивается с последующей стабилизацией.

Однако с увеличением скорости смещения образца биомассы относительно поверхности абляции увеличиваются и удельные энергетические затраты на процесс абляционного пиролиза. Данные обстоятельства поз-

воляют предположить, что существуют оптимальные значения скорости смещения образца биомассы относительно поверхности абляции с минимальными удельными энергетическими затратами на процесс механоактивации.

С целью определения рациональных режимных параметров процесса быстрого абляционного пиролиза была поставлена задача минимизировать функцию удельных энергетических затрат на процесс, которая была задана в виде

$$q = N_{\text{тр}} / U_{\text{абл}} \cdot S, \quad (1)$$

где S – площадь контакта образца биомассы с поверхностью абляции, м²;

$N_{\text{тр}}$ – мощность, затрачиваемая на трение в процессе быстрого абляционного пиролиза, которая в ходе экспериментальных исследований определялась ваттметром в зависимости от различных значений скорости смещения образца относительно поверхности абляции, кВт.

Представленная на рис. 2 зависимость удельных энергетических затрат на процесс быстрого абляционного пиролиза от скорости смещения образца относительно поверхности абляции, полученная в результате исследований, показывает, что удельные энергетические затраты на процесс с увеличением скорости смещения образца относительно поверхности абляции снижаются до достижения оптимального значения с последующим монотонным увеличением.

Минимальное значение удельных энергетических затрат на процесс наблюдается при скорости смещения образца биомассы относительно поверхности абляции равной 1,32 м/с. Дальнейшее увеличение скорости смещения образца биомассы относительно поверхности абляции приводит к монотонному увеличению энергетических затрат на механоактивацию процесса.

Библиографический список

1. Гелетуа, Г.Г. Обзор современных технологий получения жидкого топлива из биомассы путем быстрого пиролиза. – Ч. 1 / Г.Г. Гелетуа, Т.А. Железная // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 2. – С. 3–30.
2. Lede, J. Fast pyrolysis of wood: direct measurement and study of ablation rate / Jacques Lede, Janis Panagopoulos – Laboratoire des Sciences du Genie Chimique, CNRS-ENSIC, 1, rue Grandville, France

РАЗМЕЩЕНИЕ ЛЕСОВОЗНОГО УСА НА ЛЕСОСЕКЕ

Д.Н. АФОНИЧЕВ, доц. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, д-р техн. наук
 vglta@vglta.vrn.ru

Существуют различные варианты размещения лесовозного уса на лесосеке, наиболее распространены две схемы: проложение уса по середине и по краю лесосеки, но не обосновываются условия, при которых следует размещать ус по середине и по краю лесосеки [1–3]. Очевидно, что размещение уса определяется шириной лесосеки: при относительно небольшой ширине целесообразно ус разместить по краю лесосеки со стороны лесовозной магистрали. Выбор конкретного варианта размещения уса на лесосеке может быть обоснован путем сравнения затрат на устройство трелевочных волоков, погрузочных пунктов и трелевку лесоматериалов к погрузочным пунктам по рассматриваемым вариантам.

Обозначим суммарные затраты на устройство трелевочных волоков, погрузочных пунктов и трелевку лесоматериалов к погрузочным пунктам при размещении уса по краю лесосеки Z_1 (руб), а при размещении уса по середине лесосеки – Z_2 (руб). Размещение уса по краю лесосеки целесообразно, если выполняется условие

$$Z_1 < Z_2. \tag{1}$$

При несоблюдении условия (1) ус необходимо разместить по середине лесосеки.

Каждый из параметров Z_1 и Z_2 включает пять статей затрат: Z_3 – затраты на устройство погрузочных пунктов, руб; Z_4 – затраты на устройство магистральных трелевочных волоков, руб; Z_5 – затраты на трелевку по магистральным волокам, руб; Z_6 – затраты на устройство пасечных волоков, руб; Z_7 – затраты на трелевку по пасечным волокам, руб. Затраты Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, Z_7 определяются с учетом размеров лесосеки, пасек, расположения погрузочных пунктов и параметров технологического процесса лесосечных работ [3]. Путем алгебраических построений можно получить аналитические зависимости, определяющие указанные затраты

$$Z_3 = mkK, \tag{2}$$

где m – количество погрузочных пунктов, размещаемых по одной стороне уса;

k – количество рядов пасек на лесосеке;

K – стоимость устройства одного погрузочного пункта, руб.

Количество рядов пасек k зависит от размещения уса, при расположении уса по середине $k = 2$, а при расположении уса по краю лесосеки $k = 1$.

$$Z_4 = mkC_T k_{PT} (l_{II} + a - a_0), \tag{3}$$

где C_T – стоимость устройства магистрального волока, руб/км;

k_{PT} – коэффициент удлинения магистрального волока;

l_{II} – расстояние между погрузочными пунктами, км;

a – протяженность магистрального волока в пределах погрузочного пункта, км;

a_0 – полуширина зоны тяготения к пасечному волоку, км.

$$Z_5 = l_{MB} q b_T, \tag{4}$$

где l_{MB} – среднее расстояние трелевки по магистральному волоку, км;

q – объем трелеваемой древесины, м³;

b_T – стоимость трелевки древесины по магистральным волокам, руб/(м³·км).

$$Z_6 = \frac{m k k_{PII} l_{II} C_{II}}{2a_0} \left(\frac{d_y}{k} - z \right), \tag{5}$$

где k_{PII} – коэффициент удлинения пасечного волока;

C_{II} – стоимость устройства пасечного волока, руб/км;

d_y – ширина зоны тяготения к усу, км;

z – расстояние от уса до магистрального волока, км.

$$Z_7 = l_{PIB} q b_{IP} \tag{6}$$

где l_{PIB} – среднее расстояние трелевки по магистральному волоку, км;

b_{IP} – стоимость трелевки древесины по пасечным волокам, руб/(м³·км).

Если принять, что форма лесосеки в плане прямоугольная, то объем заготавливаемой на лесосеке древесины q можно определить по формуле

$$q = 100 \gamma d_y l_{II} m, \tag{7}$$

где γ – ликвидный запас древесины на 1 га, м³/га.

Средние расстояния трелевки по магистральному и пасечному волокам при размещении пасечных волоков перпендикулярно лесовозному усу, а магистральных – параллельно усу составляют

$$\begin{aligned} l_{MB} &= k_{PT}[a + 0,5(l_{II} - a_0)]; \\ l_{ПВ} &= 0,5k_{PII}((d_v / k) - z). \end{aligned} \quad (8)$$

Суммарные затраты Z_1 при $k = 1$ составят

$$\begin{aligned} Z_1 &= mK + mC_T k_{PT}(l_{II} + a - a_0) + \\ &+ 100\gamma d_v l_{II} m b_T k_{PT} [a + 0,5(l_{II} - a_0)] + \\ &+ (mk_{PII} l_{II} C_{II} / 2a_0)(d_v - z) + \\ &+ 50\gamma d_v l_{II} m k_{PII} b_{II} (d_v - z). \end{aligned} \quad (9)$$

Суммарные затраты Z_2 при $k = 2$ составят

$$\begin{aligned} Z_2 &= 2mK + 2mC_T k_{PT}(l_{II} + a - a_0) + \\ &+ 100\gamma d_v l_{II} m b_T k_{PT} [a + 0,5(l_{II} - a_0)] + \\ &+ (mk_{PII} l_{II} C_{II} / 2a_0)(d_v - 2z) + \\ &+ 25\gamma d_v l_{II} m k_{PII} b_{II} (d_v - 2z). \end{aligned} \quad (10)$$

Неравенство (1) легко привести к виду

$$Z_2 - Z_1 > 0. \quad (11)$$

С учетом формул (9) и (10) после преобразований неравенство (11) примет вид

$$\begin{aligned} mK + mC_T k_{PT}(l_{II} + a - a_0) - zmk_{PII} l_{II} C_{II} / 2a_0 - \\ - 25\gamma l_{II} m k_{PII} b_{II} d_v^2 > 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Так как $m > 0$ и $a_0 > 0$, то обе части неравенства (12) без изменения знака можно разделить на m и умножить на a_0

$$\begin{aligned} 2a_0 K + 2a_0 C_T k_{PT}(l_{II} + a - a_0) - \\ - zk_{PII} l_{II} C_{II} - 50a_0 \gamma l_{II} k_{PII} b_{II} d_v^2 > 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Полученное неравенство легко решается относительно d_v

$$\begin{aligned} d_v^2 < (2a_0 K + 2a_0 C_T k_{PT}(l_{II} + a - a_0) - \\ - zk_{PII} l_{II} C_{II}) / 50a_0 \gamma l_{II} k_{PII} b_{II}. \end{aligned} \quad (14)$$

Ширина зоны тяготения к усу d_v величина положительная, а поэтому из обеих частей неравенства (14) можно извлечь квадратный корень без изменения знака неравенства

$$d_v < \sqrt{\frac{2a_0 K + 2a_0 C_T k_{PT} \times \times (l_{II} + a - a_0) - zk_{PII} l_{II} C_{II}}{50a_0 \gamma l_{II} k_{PII} b_{II}}}. \quad (15)$$

Формулу (15) можно упростить заменой $a_{II} = 2a_0$ (a_{II} – ширина зоны тяготения к пасечному волоку, км) и выносом числовой константы из-под корня, тогда размещение уса по краю лесосеки целесообразно при соблюдении условия

$$d_v < 0,2 \sqrt{\frac{a_{II} K + a_{II} C_T k_{PT} \times \times (l_{II} + a - 0,5a_{II}) - zk_{PII} l_{II} C_{II}}{a_{II} \gamma l_{II} k_{PII} b_{II}}}. \quad (16)$$

Из полученного выражения (16) видно, что на размещение уса влияют три группы факторов: технологические параметры (a_{II} , l_{II} , a , z), экономические показатели (K , C_T , C_{II} , b_{II}) и природные условия (k_{PT} , k_{PII} , γ). Исследуем влияние ширины пасеки l_{II} и ликвидного запаса древесины γ на ширину зоны тяготения к усу d_{VK} , при которой $Z_1 = Z_2$, а следовательно согласно формулам (11) – (16)

$$d_{VK} = 0,2 \sqrt{\frac{a_{II} K + a_{II} C_T k_{PT} \times \times (l_{II} + a - 0,5a_{II}) - zk_{PII} l_{II} C_{II}}{a_{II} \gamma l_{II} k_{PII} b_{II}}}. \quad (17)$$

Следует учесть, что $l_{II} = na_{II}$, где n – целое число, тогда формула (17) преобразуется к виду

$$d_{VK} = 0,2 \sqrt{\frac{K + C_T k_{PT} [a + a_{II} (n - 0,5)] - - nzk_{PII} C_{II}}{na_{II} \gamma k_{PII} b_{II}}}. \quad (18)$$

Примем в соответствии с [1] следующие значения: $K = 35$ руб, $C_T = 30$ руб/км, $C_{II} = 10$ руб/км, $b_{II} = 0,55$ руб/(м³·км) (экономические показатели приняты в базовом уровне), $a_{II} = 0,016$ км, $a = 0,03$ км, $z = 0,05$ км. Для равнинной местности можно принять $k_{PT} = 1,15$, $k_{PII} = 1,2$. Ликвидный запас древесины γ примем в интервале 50–250 м³/га с шагом изменения 50 м³/га, при этом малые значения γ соответствуют лесосекам при проведении рубок ухода за лесом. Расстояние между погрузочными пунктами l_{II} может изменяться в достаточно широком диапазоне [1–4], а поэтому примем значение $n = l_{II} / a_{II}$ в интервале от 1 до 12.

На рисунке представлены графики зависимости $d_{VK} = f(\gamma)$. Множество значений d_v , расположенных выше кривых графиков, показанных на рисунке, согласно (16) соответствует условию размещения уса по середине лесосеки, а соответственно множество значений d_v , расположенных ниже кривых графиков – условию размещения уса по краю лесосеки.

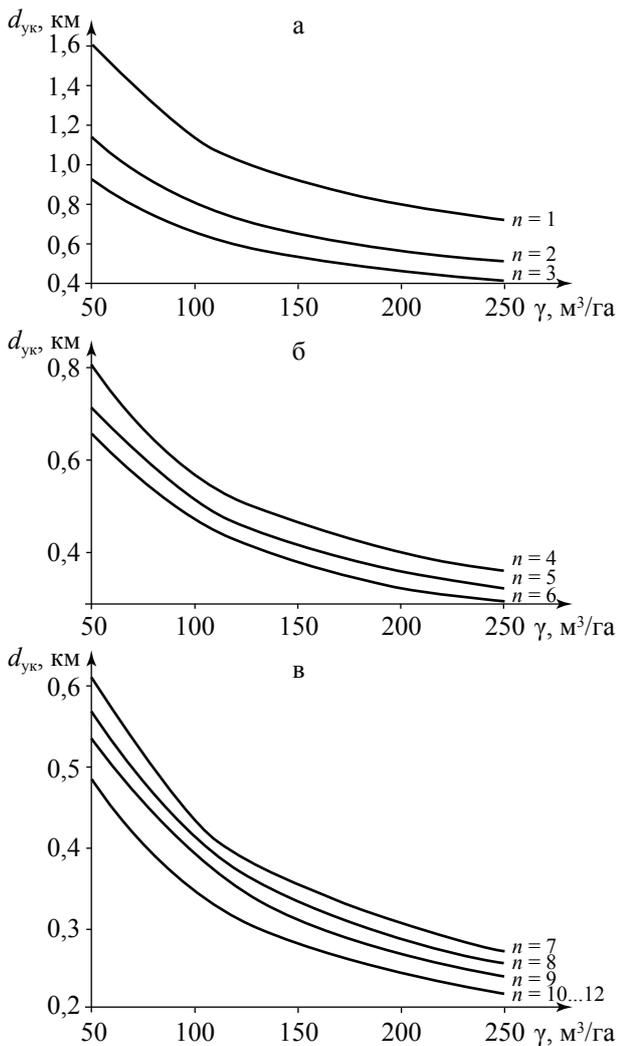


Рисунок. Графики зависимости $d_{ук} = f(\gamma)$: а – при $n = 1-3$; б – при $n = 4-6$; в – при $n = 7-12$

Анализ рисунка показывает, что функция $d_{ук} = f(\gamma)$ убывает с возрастанием ликвидного запаса древесины, при запасах древесины $150 \text{ м}^3/\text{га}$ и более размещение уса возможно как по середине лесосеки, так и по краю в зависимости от ее ширины, а при ма-

лых запасах ($100 \text{ м}^3/\text{га}$ и менее) ус необходимо размещать по краю лесосеки.

Выводы

1. Конкретный вариант размещения уса на лесосеке обосновывается сравнением суммарных затрат на устройство трелевочных волоков, погрузочных пунктов и трелевку лесоматериалов к погрузочным пунктам по рассматриваемым вариантам.

2. Получена аналитическая зависимость, определяющая условие размещения уса по середине или по краю лесосеки, которая может быть использована при обосновании схем размещения внутриплощадочных дорог в осваиваемых лесных массивах с минимизацией затрат на выполнение лесосечных работ.

3. Установлено, что при запасах древесины $150 \text{ м}^3/\text{га}$ и более размещение уса возможно как по середине лесосеки, так и по краю в зависимости от ее ширины, а при малых запасах ($100 \text{ м}^3/\text{га}$ и менее) ус необходимо размещать по краю лесосеки.

Библиографический список

1. Сухопутный транспорт леса / Под ред. В.И. Алябьева. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 416 с.
2. Ильин, Б.А. Основы размещения лесовозных дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий / Б.А. Ильин. – Л.: ЛТА, 1987. – 63 с.
3. Кочегаров, В.Г. Технология и машины лесосечных работ / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 392 с.
4. Афоничев, Д.Н. Оптимизация размещения внутриплощадочных дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий / Д.Н. Афоничев // Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение: межвуз. сб. научн. тр. – Воронеж: ВГЛТА, 2007. – Вып. 3. – С. 36–42.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВАРИАНТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА НИХ

Е.В. КОНДРАШОВА, доц. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, канд. техн. наук
konlenasoul@mail.ru

Лесопромышленный комплекс является одним из наиболее сложных и крупных среди других производственно-хозяйственных и социально-экономических комплексов.

Именно в нем период социально-политического переустройства России в наиболее острой форме выявил проблемы, обусловленные несовершенством основ организации и

управления лесотранспортным процессом, а также проблемы, связанные со стабилизацией экономических отношений.

Имеющие место проблемы не могут быть исключены за счет роста темпов движения. Мировой опыт показывает необходимость применения новых методов организации и планирования лесотранспортных процессов, а также внедрения перспективных технологий управления и технических средств.

Подсчитано, что в настоящее время ежегодная сумма потерь, связанных с низким техническим состоянием, достигает до 1,5 трлн руб. Если не принимать меры по изменению ситуации, к 2010 году эта цифра, по прогнозам Минтранса, дойдет до 1,675 трлн руб., к 2015 году – превысит 2 трлн руб., а к 2025 году может зашкалить за 3 трлн руб. Поэтому задача оптимизации проектных решений при вариантном проектировании лесовозных автомобильных дорог ставится остро как никогда ранее. Об этом свидетельствуют увеличивающиеся ассигнования государственного бюджета на проблемы дорожной отрасли. Сегодня соответствует нормативным требованиям только 37 % федеральных и 24 % территориальных автомобильных дорог. Низкое качество автомобильных дорог лесопромышленного комплекса снижает эффективность развития российской экономики и, как следствие, уменьшает конкурентоспособность российской продукции по отношению к зарубежной.

Результаты моделирования на ЭВМ движения автомобилей в потоке при его различных режимах служат основой технико-экономического сравнения вариантов проектных решений плана и продольного профиля с оценкой показателей автомобильных потоков на участках стационарного и переходных режимов движения. Методика прогнозной оценки уровня загрязнения дорожного полотна и приземного слоя атмосферы с учетом действия активного сопротивления среды позволит обоснованно принимать управленческие решения для приведения в соответствие реальных показателей к нормативным требованиям по экологической безопасности лесовозных автомобильных дорог, совершенствовать нормативную базу формиро-

вания транспортно-экологических качеств лесовозных автомобильных дорог.

Двухполосная дорога может быть разбита на ряд участков с отличительными дорожными условиями. Движение потока на них описывается дифференциальными уравнениями, соответствующими следующим режимам движения потока.

1. Участки с возможными обгонами – достаточно далеко отстоящие от участков с невозможными обгонами. На таких участках при неизменных характеристиках дороги средняя скорость потока постоянна. В любой точке участка вероятности различных ситуаций в потоке остаются неизменными. Режим движения на таких участках можно назвать стационарным.

2. Участки с переходным режимом движения с обгонами. Такие участки расположены сразу после участков *i*-го типа, и движение по ним происходит с уменьшением скорости потока из-за невозможности обгонов. Вероятности различных ситуаций в потоке в любой точке участка зависят от местоположения этой точки на участке.

3. Участки с возможными обгонами, расположенные сразу же за участками 2-го типа. Скорость потока на таких участках возрастает вследствие появившейся возможности обгона. При достаточной длине участка средняя скорость потока достигает средней скорости, соответствующей стационарному режиму. Вероятности различных ситуаций в потоке изменяются по всей длине участка и с удалением от конца участка с невозможными обгонами приближаются к вероятностям стационарного режима. Поэтому режим движения потока на таких участках можно назвать переходным с обгонами.

Разработанные принципы моделирования движения автомобилей в потоке могут быть применены при моделировании движения потоков по многополосным дорогам.

Режимы движения в значительной степени зависят от геометрических характеристик трассы дороги и характеристик придорожного пространства. Они определяют начальные условия системы дифференциальных уравнений и совместно с характеристиками дороги, составом потока и его интен-

сивностью определяют скорости движения типовых автомобилей потока.

Решение системы уравнений, описывающих вероятностные характеристики движения отдельного автомобиля в потоке, требует оценки условий выполнения обгонов. Поэтому следующей задачей является исследование распределения интервалов между автомобилями. Распределение интервалов определяется не только интенсивностью потока, но и его составом, эксплуатационными качествами покрытия, геометрией трассы дороги, режимом движения потока, характеристиками встречного движения.

На двухполосных дорогах именно неравномерность интервалов между автомобилями дает возможность водителям сокращать время движения за счет использования при обгонах интервалов больших среднего значения.

Возможность обгонов, а следовательно, и возможность движения с высокой скоростью зависит от количества интервалов, достаточных для этих маневров, от плотности вероятности интервалов, которой описывается их распределение в потоке.

В.В. Сильянов [1] показывает, что при высоких плотностях модель транспортного потока будет неэффективна, если пренебречь динамическими габаритами автомобилей.

Результаты наблюдений динамических габаритов при различных условиях заставляют вносить в аналитические зависимости эмпирические коэффициенты, учитывающие особенности восприятия водителем дорожных условий. Наиболее существенное влияние на величину динамического габарита оказывают скорость и состояние дорожного покрытия.

Существенная зависимость распределения интервалов от дорожных условий (геометрических параметров трассы, качества покрытия, интенсивности и состава потоков) слабо учитывается известными моделями распределений. Это заставляет отказаться от простых моделей и от эмпирических формул и детально проанализировать структуру интервалов как случайных величин с применением известных методов теории вероятности. Это позволяет более полно моделировать до-

рожное движение в системе автоматизированного проектирования лесовозных автомобильных дорог.

При решении этой задачи обращено внимание на необходимость максимальной оценки влияния на функцию распределения интервалов дорожных условий (продольного уклона, шероховатости покрытия, видимости и пр.) и характеристик потока (интенсивности, состава потока, его скорости, возможности обгонов и пр.).

Вероятности обгонов, так же как и другие характеристики встречных потоков, целесообразно вычислять на ЭВМ методом итераций, задавая в качестве начального приближения некоторые простые эмпирические зависимости, а затем использовать более точные формулы. Для начального приближения использованы наблюдения времени и обгона и распределения интервалов между автомобилями при различных интенсивностях.

В общем процессе моделирования движения потока автомобилей расчет возможности обгона выполняют в два этапа.

Цели моделирования движения автомобильного потока – получить зависимости, необходимые при проектировании лесовозных автомобильных дорог или при организации движения на них.

Модель движения автомобилей на двухполосных дорогах довольно легко реализуется на ЭВМ. Это позволяет, во-первых, моделировать движение автомобилей в различных дорожных условиях, во-вторых, проверять модель на адекватность.

Характеристики движения автомобилей в потоке рассчитаны на ЭВМ по следующему алгоритму:

1. Вычисляют характеристики свободного движения.
2. Задаются интенсивностью и средней скоростью встречного потока, например, по статическим данным. Определяют плотность и вычисляют фиктивную плотность встречного потока.
3. Задаются малым значением фиктивной плотности прямого потока (например, 0.001, что соответствует свободному расстоянию между автомобилями =1000 м).
4. Вычисляют вероятность.

5. Численными методами интегрирования находят среднюю скорость потока.

6. Определяют плотность потока и интенсивность, соответствующую этой плотности.

7. Назначают новое значение (например, удвоенное значение) и расчет повторяют, начиная с пункта 4.

Моделирование движения отдельных автомобилей в потоке при различных дорожных условиях необходимо при решении задач проектирования и организации движения.

Дорожные условия двухполосных дорог определяют режимы движения автомобильных потоков. Решения дифференциальных уравнений, описывающих движение автомобильных потоков при различных режимах, зависят от дорожных условий.

На участках с благоприятными для обгонов условиями устанавливается стационарный режим. На участках с ограниченными обгонами поток движется в переходном режиме без обгонов с уменьшением скорости и возрастанием плотности потока. После окончания участков с ограниченными обгонами устанавливается переходный режим с обгонами. При этом режиме характеристики потока восстанавливаются к стационарному уровню. Выявлены основные дорожные факторы, определяющие тот или иной режим.

Улучшить показатели движения потока можно, уменьшая зону восстановления к стационарному режиму. Это достигается совмещением на одном участке переходных без обгонов режимов встречных потоков.

Возможность выполнения обгонов, существенно влияющих на скорость, определяется распределением интервалов между автомобилями. Предложенная теоретическая функция распределения интервалов в числе параметров имеет интенсивность и скорость, состав потока, коэффициент сцепления, величину уклона, вероятность свободного движения. Направленно воздействуя на эти параметры при проектировании дорог и организации движения, можно повышать возможность выполнения обгонов и тем самым улучшать показатели движения потока.

С целью моделирования движения автомобилей и расчета показателей их дви-

жения в постоянно меняющихся дорожных условиях обобщены результаты современных исследований эксплуатационных свойств автомобилей.

Режимы движения, выбираемые водителем, описываются следующими дифференциальными уравнениями [2]. При движении на подъем

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta_k} \left[D(v) - i - f - \frac{1}{G_a} (kFv^2 \pm + k'F'(v \pm v_c \cos \alpha)^2 \pm \eta F''(v \pm v_c \cos \alpha)^2) \right], \quad (1)$$

где $D(v)$ – динамический фактор, зависящий от скорости;

v – скорость движения автомобиля относительно дороги, м/с;

t – время, с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

δ_k – коэффициент учета вращающихся масс при k -ой передаче;

i – продольный уклон;

f – коэффициент сопротивления качению;

G_a – сила веса автомобиля, кгс;

k – коэффициент обтекаемости при лобовом сопротивлении;

k' – коэффициент обтекаемости с учетом сопротивления среды;

η – коэффициент обтекания колес в площади миделевого сечения;

F – площадь лобового сопротивления автомобиля, м²;

F' – площадь миделевого сечения автомобиля в плоскости, перпендикулярной к направлению движения среды, м²;

F'' – площадь колес в миделевом сечении, м².

Сопротивление воздуха движению автомобиля обычно рассматривается при неподвижной воздушной среде; в этом случае относительная скорость автомобиля равна его поступательной скорости.

Определим ширину автопоезда

$w_1 = w \cos \alpha$, $w_2 = L_1 \sin \alpha$, $w_3 = L_2 \sin \alpha$, $w_4 = L_3 \sin \alpha$, где w – ширина автопоезда, м;

L_1 , L_3 – длина транспортных средств, составляющих автопоезд, м;

L_2 – длина сцепного устройства, м. Тогда ширина миделевого сечения будет равна

$$M_c = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = w \cos \alpha + (L_1 + L_2 + L_3) \sin \alpha.$$

Обобщая все вышесказанное, имеем систему уравнений для расчета площади миделевого сечения с учетом активного сопротивления среды, действующего под углом к направлению движения автомобиля

$$F' = \begin{cases} H[w \cos \alpha + (L_1 + L_2 + L_3) \sin \alpha], & \alpha < \alpha_{\text{крит.}} \\ H[w \cos \alpha + (L_1 + L_2 + L_3) \sin \alpha], & \alpha > \alpha_{\text{крит.}} \\ \operatorname{tg} \alpha_{\text{крит.}} = w / L_2 \end{cases}$$

где α – угол между векторами активного воздействия среды и поступательного движения автомобиля;

$\alpha_{\text{крит.}}$ – угол, при котором происходит опрокидывание автомобиля.

При движении накатом (после разгона и отключения двигателя от ведущих колес)

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta_n} \left[i - f - \frac{1}{G_a} (kFv^2 \pm k'F'(v \pm v_c \cos \alpha)^2 \pm \eta F''(v \pm v_c \cos \alpha)^2) - \frac{2 + 0,09v}{1000} \right], \quad (2)$$

где δ_n – коэффициент учета вращающихся масс при отсоединенном двигателе.

В формуле (2) четвертое слагаемое учитывает сопротивление трения трансмиссии, приведенное к ведущим колесам [2].

При движении на спусках в уравнение движения вводится тормозная сила двигателя или тормозная сила колесных тормозов, или их сочетание.

При торможении двигателем уравнение имеет вид

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta_k} \left[-i - f - \frac{1}{G_a} (kFv^2 \pm k'F'(v \pm v_c \cos \alpha)^2 \pm \eta F''(v \pm v_c \cos \alpha)^2) - \frac{2 + 0,09v}{1000} - \frac{i_k i_o V_A}{G_a r_k \eta_T} - \left(\frac{a_1 i_k}{0,105 r_k} v - b_1 \right) \right], \quad (3)$$

где V_A – рабочий объем двигателя, л;
 a_1, b_1 – коэффициенты ($a_1 = 0,008, b_1 = 0,15$ для карбюраторных двигателей; $a_1 = 0,001, b_1 = 0,2$ для дизелей);
 i_k, i_o – передаточные числа k -й и главной передач;
 r_k – радиус качения колеса, м;
 η_T – КПД трансмиссии.

В формуле (3) последнее слагаемое учитывает тормозную силу двигателя по эмпирической зависимости [3]. При совместном торможении (торможение двигателем и

колесными тормозами) уравнение движения имеет вид

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta_k} \left[-i - f - \frac{1}{G_a} (kFv^2 \pm k'F'(v \pm v_c \cos \alpha)^2 \pm \eta F''(v \pm v_c \cos \alpha)^2) - \frac{2 + 0,09v}{1000} - \frac{i_k i_o V_A}{G_a r_k \eta_T} - \left(\frac{a_1 i_k}{0,105 r_k} v - b_1 \right) - \gamma_T \right], \quad (4)$$

где γ_T – коэффициент использования тормозов.

Дорожные сопротивления, входящие в уравнения (1–4), представлены величиной уклона i и коэффициентом сопротивления качению f . При проектировании и особенно при реконструкции дорог необходимо учитывать, что коэффициент f в составе дорожных сопротивлений может иногда существенно превышать сопротивление подъема i . На величину f большое влияние оказывает боковой увод при действии на автомобиль поперечной силы. Особенно велико это воздействие на кривых малых радиусов.

Снижение ровности покрытия в процессе эксплуатации ведет к существенному увеличению сопротивления качению. Это требует введения в уравнения (1–4) зависимости, учитывающей влияние эксплуатационного состояния покрытия на величину сопротивления движению.

Снижению энергоемкости перевозок и улучшению экологических характеристик проектируемых дорог способствует методика расчета в проектах дорог расхода топлива и эмиссии токсичных веществ.

На участке длиной S и при скорости автомобиля v (м/с) расход топлива при используемой мощности N двигателя

$$G = gNS / 3600 \rho v (D, i, f, kF, k'F', \eta F''). \quad (6)$$

Расход топлива при движении автомобиля с двигателем, работающим на холостом ходу

$$G = k V_h n_x t \rho, \quad (7)$$

где t – время остановки, с;
 $k = 2,8 \cdot 10^{-9}$ – для карбюраторных двигателей;
 $k = 1,5 \cdot 10^{-9}$ – для дизелей.

На участках торможения и движения накатом водитель ограничивает подачу топлива, и поэтому расход топлива можно найти по формуле (8).

$$G = G_{\text{тц}} V_h n_x S / 12 \cdot 10^7 \rho v (i, f, kF, kF', \eta F'', \gamma_T), \quad (8)$$

где $G_{\text{тц}}$ – расход топлива на 1 цикл для двигателя объемом 1 л;

V_h – рабочий объем двигателя, л;

n_x – частота вращения вала двигателя, мин⁻¹, принимаемая равной частоте холостого хода;

ρ – удельный вес топлива, кг/л;

S – путь движения, м.

Расход топлива автомобилями разных типов и характеристики режима движения автомобиля служат исходной информацией для расчета показателей токсичности отработавших газов автомобильных двигателей. При сравнении вариантов автомобильных дорог количество токсичных веществ может стать одной из характеристик, определяющих оптимальное решение.

Точно определить количество вредных выбросов двигателями практически невозможно. Величина выбросов вредных веществ зависит от многих факторов: конструктивных параметров элементов двигателя, величины коэффициента избытка воздуха, угла опережения зажигания, режима работы двигателя, частоты вращения вала двигателя, степени сжатия и формы камеры сгорания, особенностей процесса подготовки и сгорания смеси, технического состояния и др.

В основу экспериментов по определению концентрации вредных веществ положены наблюдения за источниками выбросов. В ходе эксперимента определялись концентрации вредных веществ в конусе отработавших газов за двигателем на безопасном для наблюдателя расстоянии (начиная с 10 м от двигателя на фиксированной высоте, равной уровню дыхания человека). Замеры концентраций загрязняющих веществ проводились с помощью многоканального газоизмерительного прибора «Multiwarn-II», фирма «Dräger» (Германия). Замерялись концентрации пяти ингредиентов: CO₂, CO, CH₄, H₂S и O₂.

Вредные вещества, выделяемые автотранспортными средствами, создают участок с концентрацией, превышающей значения ПДК, достигающее 6–8 м, таким образом, создается почти сплошная зона покрытия продуктами сгорания автомобильного топлива.

Моделирование автомобильного потока при различных режимах позволяет оценить транспортно-эксплуатационные качества участков дорог с такими режимами и целенаправленно проектировать, улучшая показатели движения.

Расчитанные с учетом принципа единого подхода к моделированию движения автомобилей такие показатели, как скорость движения, расход топлива, токсичность и т.п., существенно повышают степень оптимизации проектных решений при вариантном проектировании дорог и организации движения на них.

Снижению энергоемкости перевозок и улучшению экологических характеристик проектируемых дорог способствует методика расчета в проектах дорог расхода топлива и эмиссии токсичных веществ и методика расчета выбросов вредных газообразных веществ в атмосферу при эксплуатации автотранспорта, разработанные на основе обобщения современных исследований эксплуатационных свойств автомобилей.

Методика прогнозной оценки уровня загрязнения дорожного полотна [4] и приземного слоя атмосферы [4] позволяют более обоснованно принимать управленческие решения для приведения в соответствие реальных показателей нормативным требованиям по экологической безопасности автомобильных дорог.

Библиографический список

1. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог: учеб. / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1984. – 287 с.
2. Илларионов, В.А. Эксплуатационные свойства автомобилей / В.А. Илларионов. – М.: Машиностроение, 1966. – 280 с.
3. Литвинов, А.С. Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств / А.С. Литвинов. – М.: МАДИ, 1978. – Ч. 1. – 122 с.
4. Курьянов, В.К. Экологические проблемы строительства и эксплуатации лесовозных автомобильных дорог. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Экологические проблемы строительства и эксплуатации лесовозных автомобильных дорог» для студентов специальности 260100 – Лесоинженерное дело / В.К. Курьянов, М.Н. Губанов. – Воронеж, 2000. – 36 с.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КАТКОВ ПРИ УПЛОТНЕНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

В.К. КУРЬЯНОВ, *проф. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, д-р техн. наук,*
В.А. ДОППЕРТ, *ассистент каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА*

vglta@vglta.vrn.ru

При строительстве дорожных одежд применяется материал с разными физико-механическими свойствами. Анализ применяемых технологических схем для строительства автомобильных дорог показал, что в зависимости от используемого материала и его свойств используются разные машины для распределения и уплотнения дорожных одежд. Парк уплотняющих машин представляет группу машин, отличающихся не только техническими характеристиками, но и принципом воздействия рабочего органа машины на уплотняемый материал, что регламентируется нормативным документом [4]. Для уплотнения дорожных одежд рекомендуется применять катки статического и вибрационного действия, катки на пневматических шинах и катки комбинированного действия. Катки статического действия могут применяться на всех этапах строительства дорожных одежд и покрытий и в обязательном порядке на заключительной стадии уплотнения покрытий нежесткого типа. Эти машины, при правильном выборе их параметров, обеспечивают требуемое качество уплотнения, но характеризуются высокой металлоемкостью.

В дорожном строительстве широкое применение получили самоходные катки на пневматических шинах. Применение таких машин целесообразно при незначительном сопротивлении движению, так как в противном случае требуется большое тяговое усилие. Они эффективны при уплотнении дорожных одежд с применением материала с низкими прочностными характеристиками. Применяемая система регулирования давления в пневматических шинах позволяет, за счет деформации шины, менять площадь контакта, а следовательно, и величину контактных напряжений, что позволяет использовать их при уплотнении разных материалов. Однако ряд недостатков, заложенных в конструкцию машин, снижает эффективность их применения.

Высоко расположенный центр тяжести машины способствует недостаточной устойчивости на поворотах, а наличие зазоров между шинами способствует поперечному перемещению материала на начальном этапе укатки асфальтобетонного покрытия. Поэтому для обеспечения ровности покрытия необходимо, на заключительной стадии уплотнения, применение катков с жесткими вальцами [2, 4].

В настоящее время в нашей стране и за границей широкое применение получили вибрационные катки. При работе вальца колебательные движения передаются частицам уплотняемого материала, что способствует уменьшению сил трения и сцепления между ними и повышает эффективность уплотнения такими катками. Установлено, что при равном уплотняющем эффекте масса вибрационного катка может быть уменьшена от 1,3 до 5 раз в зависимости от свойств материала [3]. При уплотнении покрытий из горячих асфальтобетонных смесей вибрационные катки могут быть использованы как на начальной (без вибрации), так и на основной стадии уплотнения, что позволяет уменьшить количество применяемых машин.

В последние годы широкое применение при строительстве дорожных одежд получили комбинированные катки, сочетающие положительные эффекты пневматического колеса и жесткого вибрационного вальца. Такие машины позволяют уплотнять дорожные одежды из разных материалов. Анализ конструкций комбинированных катков показал, что в основном (90 %) выпускаются катки, сочетающие вибрационный валец с пневматическими шинами. Практически все комбинированные катки имеют шарнирно-сочлененную раму, что позволяет уменьшить радиус поворота и снизить воздействие вибрации на машиниста. В зависимости от области их применения конструкции комбинированных катков различаются между собой.

Эффективность воздействия вибрационного катка на уплотняемый материал зависит от его параметров. К таким параметрам относятся масса катка (Q), ширина и радиус вальца (B, r), а также параметры вибрации (P, ω).

Анализ параметров катков показал, что между массой катка и параметрами вальца существуют зависимости (рис. 1).

Обобщающим параметром, характеризующим воздействие вальца на материал, является отношение Q/Br (кН/м^2) или q/r , где q – линейное давление вальца (кН/м). Зависимость отношения силового воздействия вальца в статическом режиме от массы катка представлено на рис. 2.

Данная зависимость может быть аппроксимирована уравнением

$$q/r = 0,27Q^{0,229}, \text{ кН/см}^2. \quad (1)$$

Коэффициент корреляции равен 0,77.

Из представленных данных видно, что с увеличением массы машины силовое воздействие на уплотняемый материал возрастает, что способствует увеличению контактных напряжений под вальцом катка. Данная зависимость характеризует параметры самоходных вибрационных катков типа тандем.

Экспериментально установлено, что качество уплотнения вибрационными машинами зависит от относительной вынуждающей силы (P, G) и ее частоты колебаний (рис. 3) [1].

Из рисунков видно, что с увеличением относительной вынуждающей силы до шести показатели, характеризующие качество уплотнения смеси, увеличиваются. Дальнейшее повышение относительной вынуждающей силы практически нецелесообразно. Поэтому при создании вибрационных машин конструктивно принималась величина относительной вынуждающей силы в пределах 4–6 [1]. При таких параметрах вибрации работа машин в динамическом режиме происходит в виброударном режиме, что приводит к увеличению контактных напряжений под вальцом, уменьшению времени контакта вальца с материалом и росту нагрузок на конструкцию машины. С увеличением массы вибрационных катков и обеспечения требуемого условия укатки необходимо уменьшать величину вынуждающей силы, так как величина контактных напряжений

превышает предел прочности, что приводит к разуплотнению материала. Изменение относительной вынуждающей силы в зависимости от массы катка представлено на рис. 4 (кривая 1). Следует заметить, что эффективность уплотнения вибрационного катка зависит от массы вальца и передаваемой нагрузки на него от рамы катка (кривая 2).

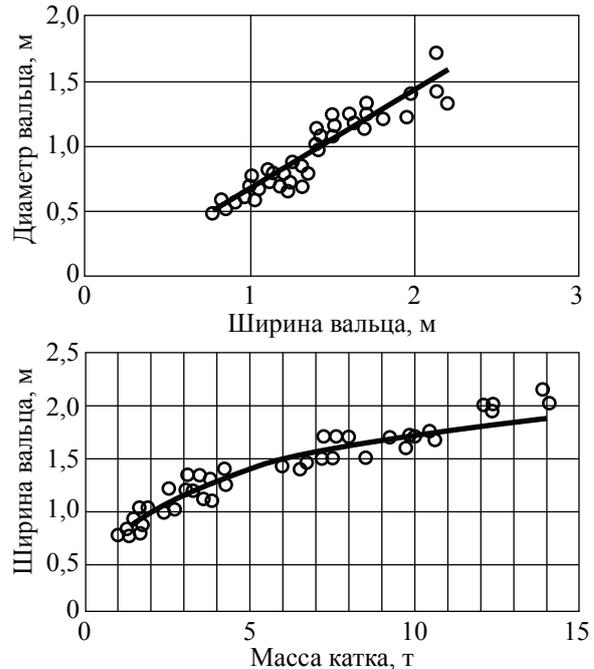


Рис. 1. Зависимости между параметрами катков

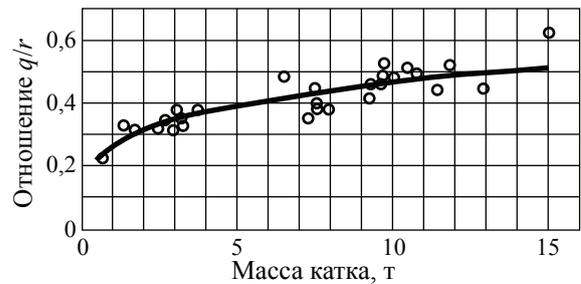


Рис. 2. Зависимость силового воздействия вальца в статическом режиме от массы катка



Рис. 3. Зависимость параметров уплотнения смеси от относительной вынуждающей силы

Расчетные зависимости для выбора мощности двигателя

Область применения	Расчетная зависимость	Коэффициент корреляции
Дорожные покрытия	$6Q + 1,82$	0,86
Дорожные одежды	$8,65Q - 18,1$	0,95
Дорожные одежды и грунт	$8,56Q - 11,89$	0,89



Рис. 4. Зависимость относительной вынуждающей силы от массы катка: 1 – масса катка; 2 – масса вибрационного вальца и части рамы катка

Изменение вынуждающей силы возбудителя колебаний возможно за счет частоты колебаний или статического момента. Установлено, что лучший эффект уплотнения материала достигается при определенной частоте колебаний вибрационного вальца в зависимости от свойств материала, и чем меньше размеры фракций уплотняемого материала, тем больше должна быть частота возбудителя колебаний. Установлено, что при уплотнении асфальтобетонных покрытий лучший эффект достигается при частоте колебаний 40–60 Гц [1, 3].

Следует заметить, что в зависимости от области применения энергоемкости катков различаются между собой. Расчетные зависимости для выбора мощности двигателя катка с учетом области применения представлены в таблице, где Q – масса катка [3].

Для повышения эффективности применения уплотняющих машин разработаны устройства, позволяющие осуществлять оперативный контроль параметров уплотнения при работе катка. В качестве контролируемых параметров используются разные пока-

затели (температура смеси, воздухопроницаемость и др.). При работе вибрационных катков широкое применение получили приборы, принцип действия которых основан на поглощении энергии от действия вибрационного вальца с уплотняемым материалом в зависимости от степени его уплотнения. С увеличением плотности материала меняется характер движения вибрационного вальца, что учитывается амплитудой или скоростью его перемещения, поскольку уплотняемый материал начинает отражать прикладываемое усилие от вальца. Эти изменения в движении вальца улавливаются датчиками, установленными в системе амортизации вибрационного вальца и подаются на преобразователь, который выдает информацию в виде цифровой или световой индикации. Практика применения таких приборов показала, что они дают положительные результаты при уплотнении материала дорожных одежд сравнительно большой толщины [3].

Библиографический список

1. Варганов, С.А. Установление рациональных режимов работы самоходных виброкатков / С.А. Варганов // Строительство и дорожные машины. – 1958. – № 10. – С. 10–11.
2. Строительство и реконструкция автомобильных дорог. СЭД. / Под ред. д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева. – М.: Информавтодор, 2005. – Т.1. – 207 с.
3. Уплотняющие машины / В.П. Ложечко, А.А. Шестопалов, В.П. Окунев и др. – Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2004. – 78 с.
4. СНиП 2.05.02.–85*. Автомобильные дороги / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 54 с.

АВАРИЙНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ОТСЕЧНЫЙ КЛАПАН ГИДРОПРИВОДОВ ЛЕСНЫХ МАШИН

А.И. ПАВЛОВ, *проф. каф. транспортно-технологических машин МарГТУ, д-р техн. наук,*
С.Л. ВДОВИН, *асп. каф. транспортно-технологических машин МарГТУ*

analitic@marstu.net; vdovsl841962a@rambler.ru

Работоспособность элементов гидроприводов лесозаготовительных, сельскохозяйственных, строительных и других мобильных машин зависит от многочисленных факторов: давления, температуры и чистоты применяемой жидкости, климатических условий и т. д. Значительное влияние на функционирование гидроприводов оказывают величина и характер изменения нагрузки, качество изготовления и монтажа, а также скорость и частота срабатывания распределительной аппаратуры. Так, согласно исследованиям [1], в непосредственной близости от золотников гидрораспределителей давление может достигать 3–4-х кратной величины рабочего значения, что может привести к разрушению трубопроводов и уплотнений. Кроме того, нагрузка на оборудование зависит от квалификации оператора, характеристик предмета труда.

Совокупность перечисленных факторов обуславливает возникновение множества отказов гидропривода и его элементов, причем большинство из них приходится на гидрораспределители и рукава высокого давления (РВД), выход из строя которых составляет от 50 до 80 % всех отказов гидросистемы [2], [3]. Разрушение РВД и трубопроводов вызывает потери значительного количества рабочей жидкости. Так, при эксплуатации строительной техники средний объем потерь за месяц может составлять от 10 до 50 л на один порыв рукава, в зависимости от режима работы и типа машины [2]. В целом для отечественного парка гидрофицированной техники общие потери рабочей жидкости составляют 120–130 тыс. т в год [4]. Это явление приводит к увеличению времени простоев, дополнительным эксплуатационным и ремонтным затратам. В сельском и лесном хозяйствах утечки и выбросы жидкости создают опасность попадания масел в почву, грунтовые воды, на растительные покровы, из-за чего снижается урожайность, наносится ущерб окружающей среде [5].

Для предотвращения выбросов рабочей жидкости и снижения объемов потерь целесообразно применять автоматические отсечные клапаны, изолирующие поврежденную гидрролинию от источника давления. В настоящее время существует множество запатентованных технических решений, большинство из которых можно разделить на два типа:

1) устройства, использующие для срабатывания перепад давлений на дросселе при движении через него потока жидкости, то есть ограничители расхода [1];

2) системы, контролирующие величину давления на определенном участке гидросистемы [5, 6].

Общим недостатком таких устройств является создание повышенного сопротивления, а также высокая вероятность ложных срабатываний при динамических нагрузках на гидроприводе.

Наиболее близкими к предлагаемой конструкции являются отсечные клапаны [6, 7] релейного действия, содержащие гидрорегулируемый фиксатор и запорно-регулирующий элемент. Последний выходит из зацепления с фиксатором при превышении разностью давлений или расходов допустимого значения и перекрывает подачу жидкости в неисправную гидрролинию. Недостаток этих решений заключается в возникновении гидравлического удара при срабатывании клапана, что может вызвать разрушение трубопроводов.

Целью данной работы является обоснование технического решения защитного устройства, позволяющего снизить объемы потерь рабочей жидкости при разрывах рукавов высокого давления в условиях изменяющихся параметров потока жидкости.

Предлагаемое защитное устройство позволяет уменьшить пики давления при отсечении неисправной гидрролинии, а также устранить ложные срабатывания при изменяющихся давлении и расходе.

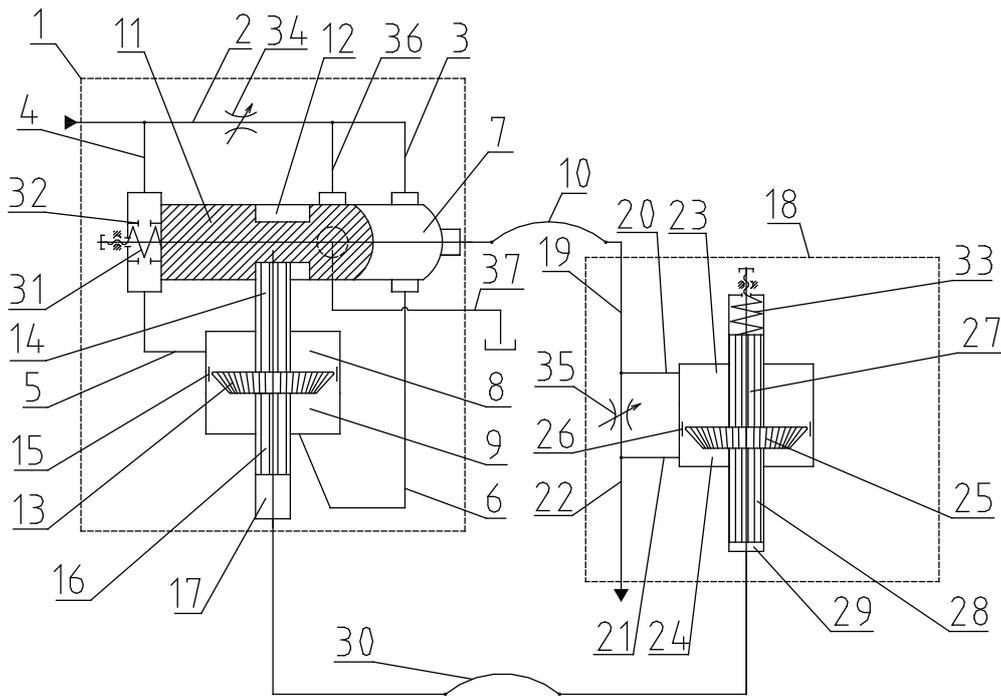


Рисунок. Схема аварийного отсечного клапана: 1 – отключающий узел; 2, 3, 4, 5, 6, 19, 20, 21, 22 – каналы; 7, 8, 9, 23, 24 – полости; 10 – контролируемая гидролиния; 11 – плунжер; 12 – проточка; 13, 25 – поршни; 14, 16, 27, 28 – штоки; 15, 26 – кольцевая щель; 17, 29 – контрольные полости; 18 – датчик расхода; 30 – линия обратной связи; 31, 33 – пружины; 32 – ограничитель обратного хода; 34 – регулятор перепада давлений; 35 – переменный дроссель; 36 – сливной канал; 37 – сливная линия

Аварийный отсечный клапан (рисунок) содержит отключающий узел 1, в корпусе которого выполнены соответствующие каналы (2–6) и полости (7–9). Полость 7 сообщается с контролируемой гидролинией 10. В корпусе узла 1 размещен плунжер 11, снабженный проточкой 12. Полости 8 и 9 разделены поршнем 13 со штоком 14, входящим в зацепление с плунжером 11 для фиксации последнего от перемещений при исправном гидроприводе, и сообщаются между собой посредством кольцевой щели 15. Под штоком 16 поршня 13 находится первая контрольная полость 17 переменного объема. Для определения разности расходов на двух участках гидролинии клапан снабжен датчиком расхода 18, содержащим каналы 19–22, один из которых (19) соединен с контролируемой гидролинией 10, и полости 23 и 24. Поршень 25 разделяет полости 23 и 24, которые сообщаются между собой кольцевой щелью 26, и снабжен штоками 27 и 28. Под штоком 28 расположена вторая контрольная полость 29, соединенная с полостью 17 с помощью линии обратной связи 30.

Для настройки времени перемещения плунжера 11, а также для его возврата в исходное положение служит регулируемая возвратная пружина 31. Ограничитель обратного хода 32 обеспечивает настройку исходного положения плунжера 11 для его гарантированного вхождения в зацепление со штоком 14. Регулируемая пружина 33 предназначена для перемещения поршней 13 и 25 в начальную позицию. Кроме того, указанная пружина позволяет осуществлять изменение чувствительности отсечного клапана в зависимости от допустимой величины утечек жидкости. Предварительную настройку времени срабатывания, согласование гидравлических сопротивлений каналов 2–6 и 19–22 производят изменением сечений регулятора перепада давлений 34 и переменного дросселя 35. Сливной канал 36 и сливная линия 37 служит для отвода жидкости в гидробак при срабатывании отсечного клапана.

Аварийный отсечный клапан работает следующим образом. Рабочая жидкость от источника давления (на рисунке не показан) подается на вход отключающего узла 1, при

этом часть потока проходит через каналы 2 и 3 и регулятор перепада давлений 34 в полость 7 и далее в гидролинию 10. Другая часть потока по каналам 4 и 5 направляется в полость 8, откуда попадает в полость 9 через кольцевую щель 15. Из полости 9 жидкость по каналу 6 проходит в полость 7. Из гидролинии 10 поток жидкости подводится к датчику расхода 18. Часть жидкости по каналам 19 и 22 и дроссель 35 поступает к потребителю. Поток жидкости также проходит через канал 20 в полость 23 и далее через кольцевую щель 26 – в полость 24. Из полости 24 жидкость выходит по каналу 21 и затем соединяется с потоком в канале 22. В исправной гидросистеме величины расхода жидкости на начальном и конечном участках гидролинии 10 практически равны между собой. Перепад давлений в полостях 8 и 9 также равен перепаду давлений в полостях 23 и 24. Силы, действующие на поршни 13 и 25, взаимно уравновешены благодаря наличию линии обратной связи 30, соединенной с полостями 17 и 29. Плунжер 11 находится в зацеплении со штоком 14 поршня 13 и зафиксирован от перемещения. При разгерметизации гидролинии 10 нарушается баланс расходов на ее начальном и конечном участках. Скорость потока жидкости в каналах 2 – 6, а также в регуляторе 34 и кольцевой щели 15 повышается. Одновременно происходит значительное снижение расхода или полное прекращение течения жидкости через каналы 19 – 22, дроссель 35 и щель 26. Давление в контрольных полостях 17 и 29 снижается практически до атмосферного. Поршень 13 смещается вниз, выводя шток 14 из зацепления с плунжером 11 и разобщая полость 9 с каналом 6. За счет этого весь поток жидкости направляется через регулятор 34, благодаря чему повышается перепад давлений, действующих на плунжер 11. Одновременно поршень 25 под действием сил давления жидкости, вытесняемой из полости 17 по линии обратной связи 30 в полость 29, перемещается вверх, сжимая регулирующую пружину 33. При этом жидкость перетекает из полости 23 в полость 24 через кольцевую щель 26 и дроссель 35. Плунжер 11 под действием перепада давлений на регуляторе 34 перемещается вправо, отсекая аварийную гидролинию 10 от

источника питания и одновременно соединяя канал 36 посредством проточки 12 со сливной линией 37. После прекращения подачи жидкости от источника в отключающий узел 1 выравниваются давления в полостях 8 и 9, а также в каналах 3 и 4. Плунжер 11 возвратной пружиной 31 перемещается влево до упора в ограничитель 32. Поршни 13 и 25 под действием регулируемой пружины 33 также возвращаются в исходную позицию, а шток 14 входит в зацепление с плунжером 11.

Для исключения ложного срабатывания отсечного клапана (при кратковременном нарушении баланса расходов на начальном и конечном участках гидролинии 10, например из-за влияния податливости РВД) время перемещения поршней 13 и 25 ограничивается за счет подбора сопротивления линии обратной связи 30.

Результаты теоретических исследований показали, что время срабатывания устройства при номинальной величине расхода 63 л/мин составляет 0,038 с. Потери рабочей среды при этом равны 0,04 л (без учета объема жидкости, находящейся в гидролинии). При установке отсечного клапана в гидросистеме потери напора не превышают 0,63 МПа, что в достаточной степени соответствует характеристикам типовой гидроаппаратуры.

Основные выводы

1. Разработанные в настоящее время технические решения не обеспечивают в достаточной мере сохранность рабочей жидкости при разгерметизации гидроприводов. Кроме того, существующие конструкции создают повышенное сопротивление потоку жидкости и не способны устойчиво функционировать в условиях переходных процессов, происходящих в гидросистемах.

2. Предложенная конструкция аварийного отсечного клапана позволяет сократить потери рабочей жидкости при разрушении рукавов высокого давления, а также исключить ложные срабатывания в момент возникновения переходных процессов.

3. Предварительное перекрытие возвратного канала с помощью поршня обеспечивает более эффективное использование энергии потока жидкости, что снижает суммарное

время срабатывания устройства. Последовательное отсечение неисправной гидролинии и отвод рабочей среды на слив уменьшают пики давления при срабатывании клапана.

Библиографический список

1. Смирнов, Ю.Н. К расчету аварийного автоматического запорного клапана / Ю.Н. Смирнов // Проблемы гидроавтоматики. – М.: Наука, 1969. – С. 76–85.
2. Аверьянов, В.К. Защита гидропривода строительных машин от потерь рабочей жидкости / В.К. Аверьянов, В.К. Федоров, С.Н. Смирнов // Механизация строительства. – 2002. – №8. – С. 4–6.
3. Павлов, А.И. Надежность гидроприводов лесосечных машин: Научное издание / А.И. Павлов. – Йошкар-Ола.: МарГТУ, 2004. – 211 с.
4. Фоменко, Н.А. Совершенствование эксплуатационных свойств гидравлических систем машинно-тракторных агрегатов: дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / Н.А. Фоменко. – Волгоград, 2002. – 166 с.
5. Насиров, В.А. Повышение эксплуатационных показателей МТА за счет снижения потерь рабочей жидкости при аварийном нарушении герметичности гидролиний: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.А. Насиров. – М.: ВИМ, 1992. – 23 с.
6. Пат. 2196927 РФ, МПК F 16 K 17 / 24. Отсечный клапан / В.К. Аверьянов, В.К. Федоров, Смирнов С.Н., Бараш А.Л.; опубл. 20.01.03, Бюл. № 2 (III ч.). – 1 с.
7. Пат. 74435 РФ, МПК F 16 K 17 / 22, F 16 K 17 / 24. Отсечный клапан / А.И. Павлов, С.Л. Вдовин; опубл. 27.06.08, Бюл. № 18.– 1 с.

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУГРАННОГО КЛИНА С ПОЧВОЙ ПРИ СВОБОДНОМ РЕЗАНИИ

А.Ф. АЛЯБЬЕВ, *ст. научный сотрудник МГУЛ, канд. техн. наук*

alyabievaf@rambler.ru

Свободным называется резание почвы двугранным клином, не имеющим опорного устройства, угол резания, скорость резания и масса клина которого постоянны, а само резание осуществляется под действием горизонтальной силы. Такое резание осуществляется при работе орудия для дискретной обработки почвы, и предлагаемая модель позволяет обосновать параметры рабочего органа.

При условии [1], что клин перемещает почву перпендикулярно рабочей поверхности, вес почвы не учитываем. Также будем использовать положения механики грунтов [2, 7], а именно «принцип линейной деформируемости»: при изменении внешних давлений порядка 0,3–0,5 МПа, а для плотных и твердых грунтов и до 0,5–0,7 МПа, грунты можно отнести к линейно деформируемым телам. Рассматриваем процесс образования при отсутствии силы продольного сжатия элемента пласта, то есть определяем естественные размеры пласта. В качестве основных инструментов построения модели будем использовать методы статики сыпучей среды и теории упругости.

Рассматриваем предельное равновесие элемента пласта при его взаимодействии с передней гранью клина.

Нормальную составляющую напряжения по поверхности контакта клина с почвой σ_k будем определять через модуль деформации почвы E , который является аналогом модуля упругости (модуля Юнга), но в отличие от него отражает как упругую, так и необратимую часть общей деформации почвы [2]

$$\sigma_k = e \cdot E,$$

где e – относительная деформация пласта;

E – модуль деформации почвы.

Относительную деформацию e определим по принятой схеме образования элемента пласта – нож перемещает почву перпендикулярно рабочей поверхности

$$e = \Delta h_s / h_s,$$

или

$$e = (s \sin(\alpha_0 - \gamma_0) \cos \alpha_0) / (h \cos(\alpha_0 - \gamma_0) - s \sin \gamma_0),$$

где s – расстояние от вершины клина до рассматриваемой точки;

h – глубина резания;

γ_0 – угол заглубления рабочего органа в почву;

h_s – толщина пласта в сечении s до деформации;

Δh_s – деформация пласта в сечении s .

При взаимодействии клина с почвой будет образовываться зона предельного равновесия АОВ (рис. 1).

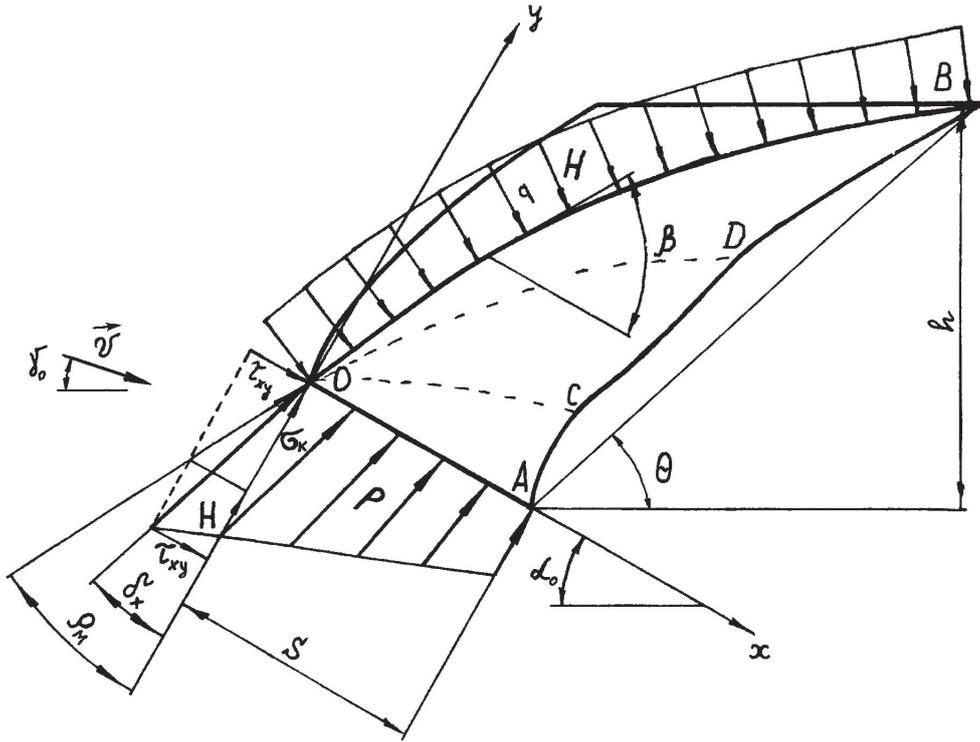


Рис. 1. Схема к определению граничных условий для элемента пласта при его взаимодействии с ножом отвала

С ростом длины S зона предельного равновесия увеличивается. Предельное равновесие нарушится тогда, когда зона предельного равновесия выйдет на дневную поверхность почвы. При этом происходит сдвиг почвы и образуется элемент пласта. Далее процесс повторяется. Таким образом происходит резание с образованием пласта.

Найдем форму области предельного равновесия. Выделим из элемента пласта зону предельного равновесия AOB и определим граничные условия.

Нормальные и касательные компоненты приведенного давления вдоль положительного направления оси OX по линии AO выражены так (рис. 1).

$$p_n = \sigma_k + H, \tau_{xy} = \sigma_k \cdot \operatorname{tg} \rho_m, \delta_x = \operatorname{arctg}(\tau_{xy} / p_n),$$

$$p = p_n / \cos \delta_x, |\rho_m| < \rho, |\delta_x| < \rho,$$

где ρ_m – угол трения почвы по поверхности клина;

$H = C \operatorname{ctg} \rho$ – временное сопротивление всестороннему равномерному растяжению;

p – приведенное напряжение;

p_n – нормальная составляющая приведенного напряжения p ;

τ_{xy} – касательная составляющая приведенного напряжения, p ;

δ_x – угол между нормалью к пласту и приведенным напряжением p .

Нормальные и касательные компоненты приведенного давления вдоль контура области предельного равновесия выражены так

$$q = H, \tau_{OB} = 0.$$

Нарушение предельного равновесия приводит к «выпираанию» вдоль контура области предельного равновесия OB и к «оседанию» массива элемента пласта вдоль положительного направления оси OX .

Таким образом, вдоль положительной полуоси OX , согласно [6], при $k = -1$ нужно принять

$$\sigma = p \sin \Delta_x / \sin(\Delta_x + \delta_x), \varphi = \pi/2 - 0,5(\Delta_x + \delta_x)$$

и

$$\sigma = p / (1 + \sin \rho), \varphi = \pi/2, \text{ при } \delta_x = 0, \quad (1)$$

где σ – среднее приведенное нормальное напряжение;

φ – угол между направлением σ_{max} и осью OX ;

σ_{max} – главный компонент напряжения в рассматриваемой точке;

$$\sin \Delta_x = \sin \delta_x / \sin \rho.$$

Вдоль контура области предельного равновесия OB при $k = +1$ нужно принять

$$\sigma = H / (1 - \sin \rho), \varphi = \beta, dy/dx = \operatorname{tg} \beta \quad (2)$$

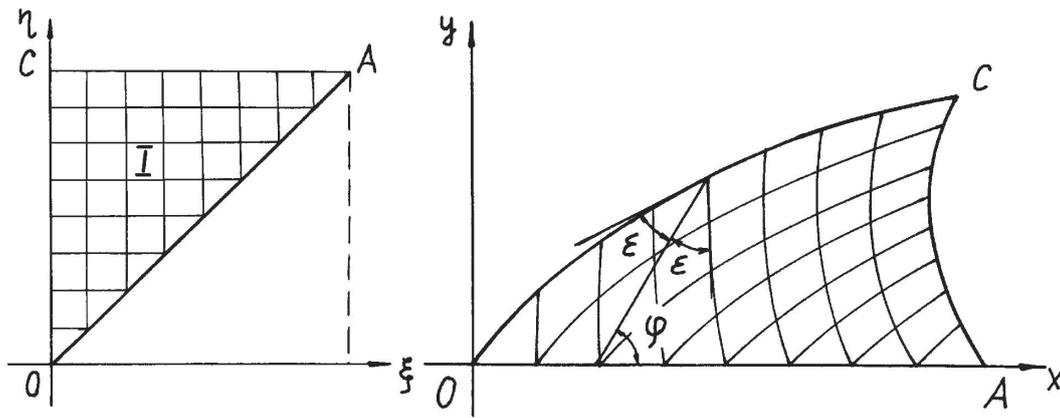


Рис. 2. Область предельного равновесия, прилегающая к ножу отвала: а – на плоскости $\xi\eta$; б – на плоскости $xу$

Граничные условия задачи сформулированы.

Семейство характеристик, которые являются линиями скольжения, для невесомой среды описывается следующими уравнениями [6]

$$dy = dx \cdot \operatorname{tg}(\varphi \pm \varepsilon), \quad d\sigma \pm 2 \cdot \sigma \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot d\varphi = 0, \quad (3)$$

где $\pm \varepsilon$ – углы наклона линий скольжения к направлению σ_{\max} ,

$$\varepsilon = \pi / 4 - \rho / 2.$$

Для приближенного решения заменим дифференциалы конечными разностями

$$\begin{aligned} y - y_1 &= (x - x_1) \operatorname{tg}(\varphi_1 - \varepsilon), \\ \sigma - \sigma_1 - 2\sigma_1 \operatorname{tg} \rho (\varphi - \varphi_1) &= 0, \\ y - y_2 &= (x - x_2) \operatorname{tg}(\varphi_2 + \varepsilon), \\ \sigma - \sigma_2 + 2\sigma_2 \operatorname{tg} \rho (\varphi - \varphi_2) &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Воспользуемся стандартным приемом: примем сетку характеристик за криволинейную систему координат на плоскости $xу$ и будем рассматривать x, y, σ, φ как функции от ξ и η [6]. Интегрируя второе из уравнений (3), получим

$$\pm \varphi = (\ln(\sigma/k) / 2 \cdot \operatorname{tg} \rho) - \operatorname{const}. \quad (5)$$

Введем новую функцию

$$\chi = \ln(\sigma/k) / 2 \cdot \operatorname{tg} \rho,$$

получим

$$\chi \pm \varphi = \operatorname{const}.$$

За параметры ξ и η примем

$$\xi = \chi + \varphi, \quad \eta = \chi - \varphi. \quad (6)$$

Пользуясь свободой выбора ξ и η , можно задать $\xi = \eta = x$. Тогда участку OA (рис. 1) на плоскости $\xi\eta$ будет соответствовать отрезок прямой OA (рис. 2 а), вдоль которого, на основании соотношений (1), известны σ и φ , а также справедливо

$$x = \xi, \quad y = 0. \quad (7)$$

Рассмотрим область предельного равновесия, состоящую из трех областей [6]. Так же, как в задаче Прандтля [3], строим два тре-

угольника: треугольник AOC (область I), прилегающий к клину, и треугольник BOD (область III), примыкающий к внешней границе области предельного равновесия, и соединяющий их сектор COD (область II) (рис. 1).

В области, прилегающей к OA (область I), по данным соотношений (1) и (7) I краевая задача [6] позволяет построить решение уравнений (4). На рис. 2 б приведена полученная область предельного равновесия AOC на плоскости $xу$.

Определим положение точки C на плоскости $\xi\eta$. Точка C может располагаться на оси η или на оси ξ . На основании уравнений (6) справедливо соотношение

$$\varphi \pm \varepsilon = 0,5(\xi - \eta) \pm \varepsilon. \quad (8)$$

Угол наклона касательной к линии AC (рис. 3 б) соответствует углу $\varphi + \varepsilon$, а к линии OC – углу $(\varphi - \varepsilon)$. Из рис. 2 видно, что при движении по характеристике от точки O к точке C угол $(\varphi - \varepsilon)$ уменьшается. При движении по характеристике от точки A к точке C угол φ уменьшается. Если точка C располагается на оси ξ , то при движении по характеристике на плоскости $\xi\eta$ от точки O к точке C $\tilde{\eta} \operatorname{const}$, $\tilde{\xi}$ возрастает. Равенство (8) не выполняется, так как с ростом ξ , $(\varphi - \varepsilon)$ должно возрастать, а у нас $(\varphi - \varepsilon)$ убывает. Следовательно, точка C не лежит на оси ξ . Если точка C располагается на оси η , то при движении по характеристике на плоскости $\xi\eta$ от точки O к точке C $\tilde{\xi} \operatorname{const}$, $\tilde{\eta}$ возрастает. При этих условиях равенство (8) выполняется. Аналогично рассматриваем движение по характеристике от точки A к точке C . В этом случае $\tilde{\eta} \operatorname{const}$, $\tilde{\xi}$ убывает. Равенство (8) выполняется, следовательно точка C на плоскости $\xi\eta$ находится на оси η .

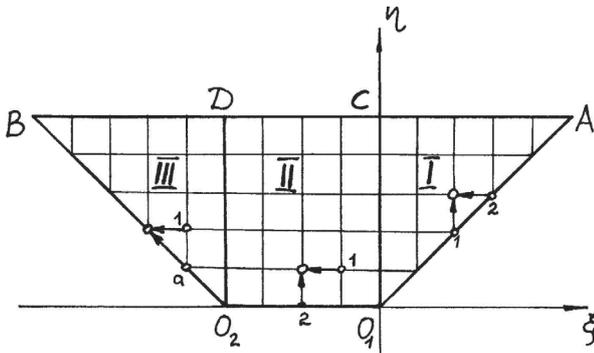


Рис. 3. Схема для расчета области предельного равновесия

Таким образом, в общем случае на плоскости $\xi\eta$ расчетная схема будет иметь вид, представленный на рис. 3.

В прямоугольной области II из решения уравнений (4) в области I нам известны значения x, y, σ, φ вдоль отрезка O_1C . Вдоль отрезка O_1O_2 $x = y = 0$ и определитель преобразования

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial x}{\partial \eta} \\ \frac{\partial y}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{vmatrix} = 0,$$

поэтому на плоскости xu отрезок O_1O_2 вырожден в одну точку O , в которой компоненты напряжения имеют конечные разрывы. Точки отрезка O_1O_2 лежат на характеристике $\eta = const$, то есть φ есть функция только ξ (8), и, беря согласно (6) в соотношении (5) знак « \leftarrow », получим

$$\sigma = D^* \cdot \exp(-2 \cdot \varphi \cdot \operatorname{tg} \rho), \quad (9)$$

где D^* – произвольная постоянная определяется через значения σ и φ в точке O_1 .

Уравнение (9) позволяет найти σ и φ на отрезке O_1O_2 . Эти данные II краевой задачи позволяют построить решение уравнений (4) в области II.

В области III из решения уравнений (4) в области II нам известны значения x, y, σ, φ вдоль отрезка O_2D . Вдоль отрезка O_2B справедливы граничные условия (2). Эти данные III краевой задачи позволяют построить решение уравнений (4) в области III.

Предельное равновесие нарушится тогда, когда область предельного равновесия выйдет на дневную поверхность почвы. Для заданной глубины резания h , изменяя длину элемента пласта s , одним из известных мето-

дов (метод Ньютона, метод последовательных приближений и другие) можно построить область предельного равновесия, выходящую на дневную поверхность почвы. Пример области предельного равновесия приведен на рис. 4.

При нарушении предельного равновесия происходит сдвиг по характеристике. При этом поле скоростей должно быть кинематически допустимо. Из рис. 4 видно, что этому условию удовлетворяет характеристика AB . Элемент пласта будет ограничен поверхностью почвы, поверхностью клина OA и характеристиками AB образующегося элемента пласта и предшествующего.

Для использования представленной модели образования пласта необходимо знать γ_0 – угол заглабления двугранного клина в почву. Рассмотрим заглабление двугранного клина под действием сил сопротивления, возникающих при внедрении вершины клина (лезвия) в почву P_{CB} , образовании пласта P_B и веса орудия G . При заглаблении задняя поверхность двугранного клина передает на почву вертикальную силу N , равную сумме вертикальных составляющих от сил P_B, P_{CB}, G . Будем считать, что резание осуществляется острым клином. Сила сопротивления почвы внедрению лезвия определяется согласно [5].

При заглаблении вершина клина осуществляет резание и осадка самой вершины равна нулю. При удалении от вершины по задней поверхности клина осадка растет и достигает наибольшего значения на максимальном удалении от вершины. Задняя поверхность клина плоская и, следовательно, осадка растет линейно.

Будем рассматривать задачу по определению угла заглабления двугранного клина в почву как пространственную задачу осадки упругого полупространства. Исходной зависимостью при определении общих упругих деформаций полупространства является формула Ж. Буссинеска [4, 7]

$$u_y = P \cdot (1 - \mu^2) / \pi \cdot E \cdot r,$$

где u_y – абсолютное значение осадки в точке M на расстоянии r от точки приложения силы P на плоскости $y = 0$;

μ – коэффициент общей относительной поперечной деформации;

E – модуль общей деформации.

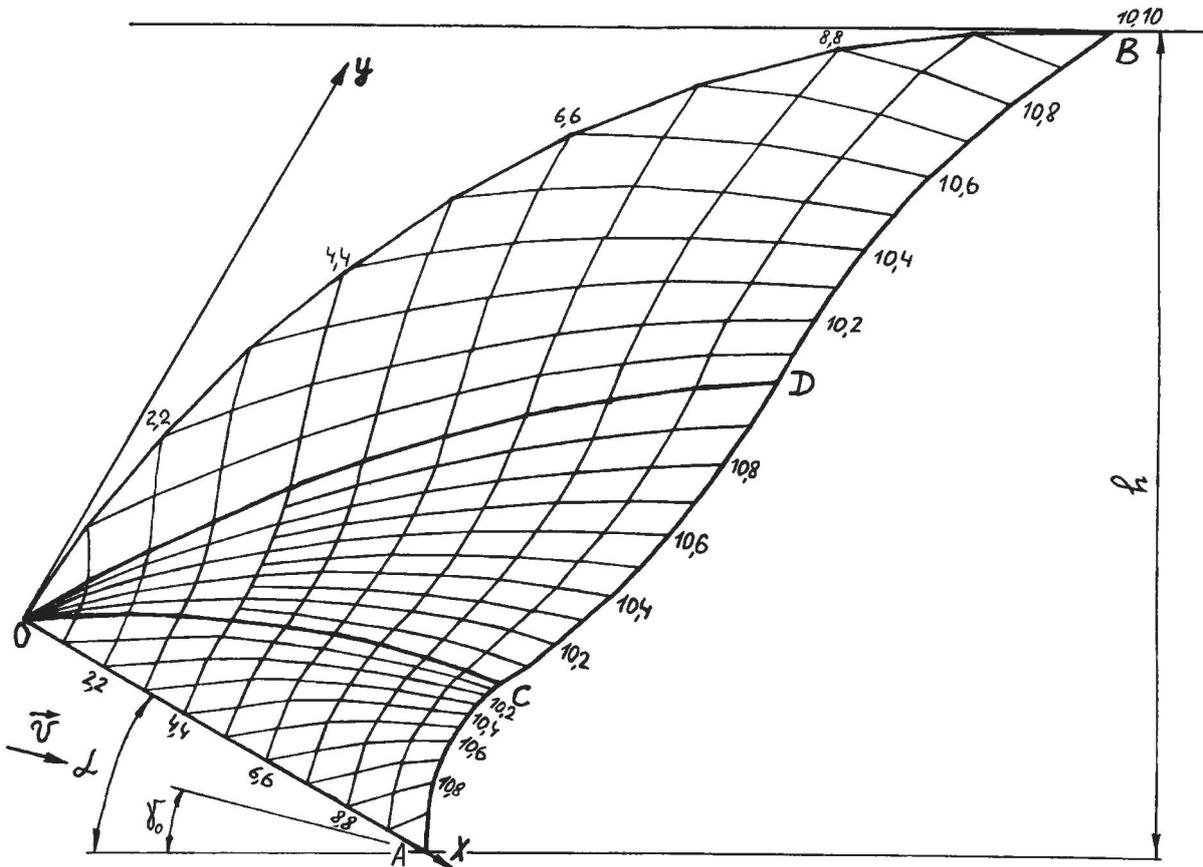


Рис. 4. Пример области предельного равновесия

Выполним построения (рис. 5). Спроецируем вертикальную силу N на заднюю поверхность двугранного клина N_t и на нормаль к задней поверхности N_n . Сила трения, воспринимаемая почвой, будет равна

$$N_{тр} = N_n \cdot \operatorname{tg} \rho_m.$$

Общая нагрузка N' , воспринимаемая почвой, будет равна

$$N' = \sqrt{N_{тр}^2 + (N_t + N_n)^2},$$

а угол $\rho_{N'}$ между N' и нормалью к задней поверхности клина будет равен

$$\rho_{N'} = \arctg((N_t + N_n) / N_n).$$

Завершая построения, спроецируем заднюю поверхность двугранного клина AB на плоскость AB' , перпендикулярную направлению действия силы N' .

Далее решаем задачу с использованием метода стержней [4]. Разбиваем полученную проекцию на квадраты со сторонами c . В центре каждого квадрата помещаем абсолютно жесткий опорный стержень с шарнирами по краям, соединяющий проекцию задней поверхности двугранного клина на плоскость AB' с полупространством (рисунок 5). По

площади квадрата принимаем нагрузку равномерно распределенной

$$q_i = X_i / c^2,$$

где X_i – усилие в i -ом стержне.

Осадка в точке k от загрузки элементарной площадки $du \cdot dv$ нагрузкой q_i равна

$$du_y = \frac{X_i \cdot du \cdot dv}{c^2} \cdot \frac{(1 - \mu^2)}{\pi \cdot E \cdot \sqrt{u^2 + v^2}}.$$

Чтобы найти осадку от нагрузки всего квадрата $c \times c$, надо дважды проинтегрировать последнее выражение

$$(u_y)_{ki} = \frac{X_i \cdot (1 - \mu^2)}{c^2 \cdot \pi \cdot E} \cdot \int_{-\frac{c}{2}}^{\frac{c}{2}} \int_{-\frac{c}{2}}^{\frac{c}{2}} \frac{du \cdot dv}{\sqrt{u^2 + v^2}} = \frac{X_i \cdot (1 - \mu^2)}{\pi \cdot E \cdot c} \cdot F_{ki} \left(\frac{r}{c} \right),$$

где F_{ki} – функция, значения которой табулированы [4].

Значение осадки при $X_i = 1$ равно

$$(\bar{u}_y)_{ki} = \delta_{ki} = \frac{(1 - \mu^2)}{\pi \cdot E \cdot c} \cdot F_{ki} \left(\frac{r}{c} \right).$$

Рабочие органы для работы на вырубке выполняют в виде одинарных, сдвоенных или строенных лопастей. Для примера рассмотрим одинарную лопасть.

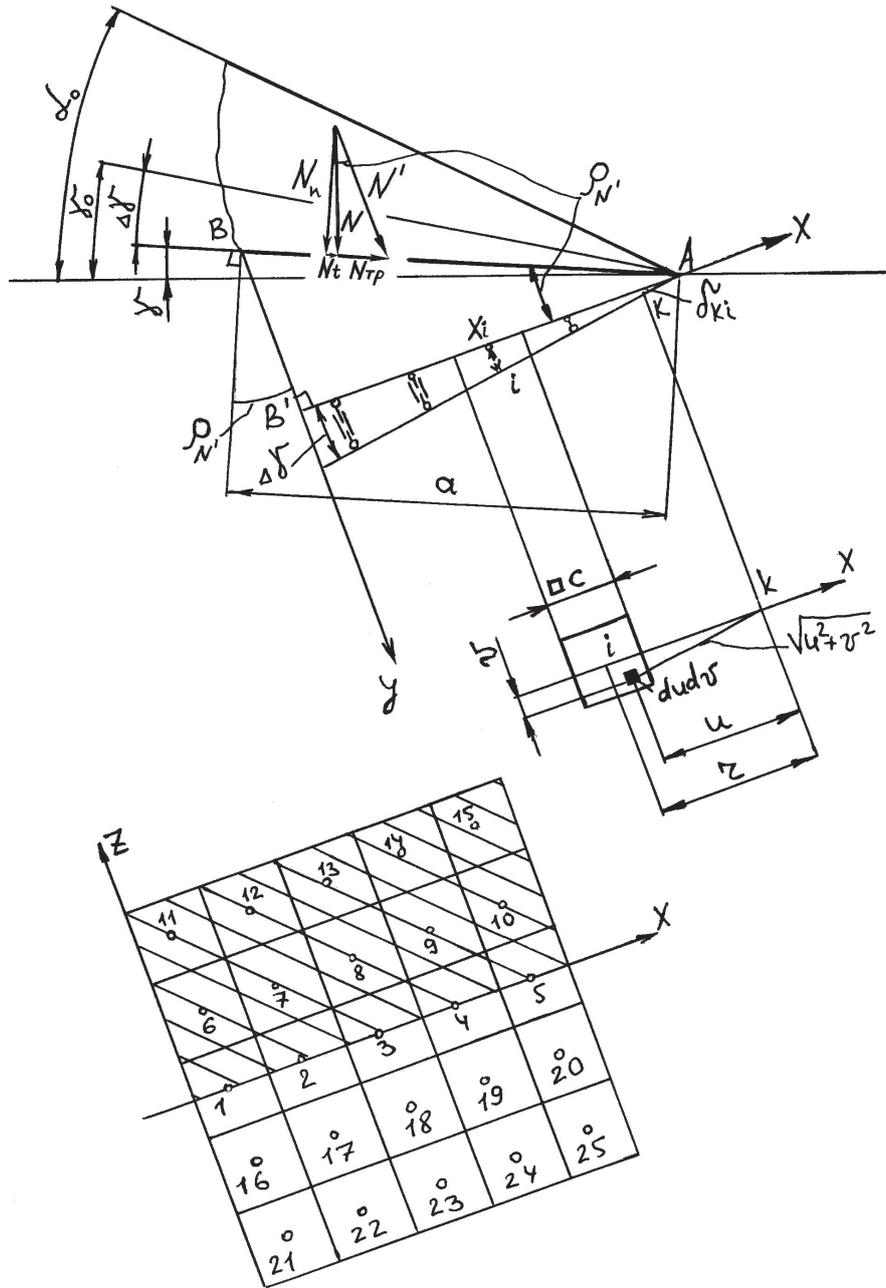


Рис. 5. Схема для определения угла заглубления

Пусть проекция разбита на 25 квадратов (рис. 5). Для определения двадцати пяти неизвестных усилий X_i в стержнях и перемещения клина надо составить двадцать пять канонических уравнений и одно статическое $\Sigma Y = 0$. Используя симметрию относительно оси x , уменьшаем количество уравнений до 16

$$\delta_{1,1}X_1 + \dots + \delta_{1,5}X_5 + (\delta_{1,6} + \delta_{1,16})X_6 + \dots + (\delta_{1,15} + \delta_{1,25})X_{15} + 9\bar{y}_0 = 0$$

$$\dots \dots \dots \delta_{51,1}X_1 + \dots + \delta_{5,5}X_5 + (\delta_{5,6} + \delta_{5,16})X_6 + \dots + (\delta_{5,15} + \delta_{5,25})X_{15} + \bar{y}_0 = 0$$

$$\delta_{6,1}X_1 + \dots + \delta_{6,5}X_5 + (\delta_{6,6} + \delta_{6,16})X_6 + \dots + (\delta_{6,15} + \delta_{6,25})X_{15} + 9\bar{y}_0 = 0$$

$$\dots \dots \dots \delta_{15,1}X_1 + \dots + \delta_{15,5}X_5 + (\delta_{15,6} + \delta_{15,16})X_6 + \dots + (\delta_{15,15} + \delta_{15,25})X_{15} + \bar{y}_0 = 0$$

$$X_1 + \dots + X_5 + 2X_6 + \dots + 2X_{15} + 0 = 1.$$

Значения коэффициентов в системе уравнений определяем с использованием значений функции F_{ki}

При составлении системы уравнений нагрузка, приходящаяся на проекцию задней поверхности двугранного клина, принята за единицу. Для получения истинных реакций

в каждом квадрате необходимо найденные значения X_i умножить на $N^2/2$. Кроме того, в качестве значений осадки δ_{ki} k -й площадки от действия единичной силы на i -ю площадку использовалось значение функции $F_{ki}(r/c)$, а в качестве осадки \bar{y}_0 – осадка площадки, ближайшей к вершине двугранного клина. Истинное значение осадки y_0 равно

$$y_0 = \frac{(1-\mu^2) N^2}{\pi \cdot E \cdot c} \cdot \bar{y}_0,$$

а соответствующее ей изменение угла заглубления двугранного клина $\Delta\gamma$

$$\Delta\gamma = \arctg(y_0 / c).$$

Таким образом, построена модель процесса образования пласта при отсутствии силы продольного сжатия элемента пласта. Определены силы, действующие на клин, угол заглубления клина, размеры элемента пласта, образующегося при резании почвы.

Библиографический список

1. Горячкин, В.П. Собрание сочинений. В 3 т. Т. 2 / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1965. – 459 с.
2. Маслов, Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Н.Н. Маслов. – М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.
3. Работнов, Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела: учеб. пособие для вузов: 2-е изд., испр. / Ю.Н. Работнов. – М.: Наука, 1988. – 712 с.
4. Рекач, В.Г. Руководство к решению задач прикладной теории упругости / В.Г. Рекач. – М.: Высшая школа, 1984. – 287 с.
5. Сидоров, С.А. Повышение долговечности и работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, применяемых в сельском и лесном хозяйствах: автореф. дисс. ... д-р техн. наук / С.А. Сидоров. – М.: ГНУ ВИМ, 2007. – 34 с.
6. Соколовский, В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
7. Цитович, Н.А. Механика грунтов (краткий курс) / Н.А. Цитович. – М.: Высшая школа, 1983. – 288 с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ (СРНС)

И.Р. ШЕГЕЛЬМАН, *проф. каф. ТОЛК ПетрГУ, д-р техн. наук,*

А.В. КУЗНЕЦОВ, *доц. каф. ТОЛК ПетрГУ, канд. техн. наук,*

В.И. СКРЫПНИК, *зав. лаб. технологии лесосечных работ и транспорта леса КарНИИЛПК*

kuzalex@psu.karelia.ru

Как правило, производительность лесотранспортных машин значительно отличается от расчетных значений. Нормы выработки на вывозке леса автопоездами дифференцированы в зависимости от типа покрытия, категорий дороги (ус, ветка, магистраль), с учетом расстояния вывозки по всем категориям дорог, однако ими не учитывается состояние покрытия, особенности плана и профиля конкретной дороги (уклоны продольного профиля, радиусы вертикальных и горизонтальных кривых, ограничения скорости). Проведенные исследования показали [5], что средняя скорость движения на дорогах общей категории с нормальным состоянием покрытия одинакового типа могут отличаться в 1,5–1,7 раза, что приводит к тому, что на одних дорогах нормы выработки легко выполняются, на других выполняются только за счет значительной переработки нормативного времени работы.

Одним из важнейших показателей работ лесотранспортных машин является проходимость. Применительно к автомобилям (автопоездам) проходимость – способность этих машин передвигаться в трудных дорожных условиях.

В работах Г.М. Анисимова, В.Ф. Бабкова, В.Н. Шитова, В.А. Горбачевского, Д.И. Шеховцева, В.П. Немцова, Б.А. Шестакова и других специалистов [1–4] описаны зависимости оценки проходимости как гусеничных, так и колесных машин.

Проф. В.Ф. Бабков предложил возможность движения по деформируемому грунту оценивать критерием проходимости Π , который определяется

$$\Pi = k\varphi - f_{cp} \geq i, \quad (1)$$

где k – коэффициент сцепной массы машины;

φ – коэффициент сцепления;

f_{cp} – средний коэффициент сопротивления движению;

i – уклон.

Проходимость считается хорошей при $P > 0,2$, удовлетворительной – при $0,1 < P < 0,2$, затруднительной – при $P = 0,1-0,05$ и неудовлетворительной при $P = 0-0,05$.

Проф. В.А. Горбачевским был предложен коэффициент проходимости

$$C \geq k\varphi/v, \quad (2)$$

где $v = f+i$ – суммарный коэффициент сопротивления движению.

Установившееся движение возможно при $C > 1$, а надежность движения повышается при увеличении C .

В работах НАМИ, проводимых под руководством В.И. Кнороз, в качестве критерия проходимости предложена зависимость

$$P = (M_v - M_f)/M_v, \quad (3)$$

где M_v – максимальный момент по сцеплению;

M_f – момент сопротивлению движению.

В сухопутном транспорте леса проходимость лесовозного автопоезда определяется с использованием зависимости [4]

$$G_g \varphi > G_a (f \pm i), \quad (4)$$

где G_g – масса автомобиля, приходящаяся на ведущие колеса;

G_a – полная масса транспортного средства;

f – коэффициент сопротивлению качению или

$$k = G_g/G_a > (f \pm i)/\varphi. \quad (5)$$

Левая часть неравенства, представляющая отношение массы автомобиля, приходящейся на ведущие колеса (G_g), к полной массе транспортного средства (G_a) – коэффициент сцепной массы (k).

Таким образом, авторы особое внимание уделяли технической проходимости, т.е. способности транспортных машин работать в тяжелых природно-производственных условиях эксплуатации. Вместе с тем эти показатели не дают возможности более полно оценить эффективность работы лесотранспортных машин. Поэтому необходимо было предложить такой технологический критерий проходимости, который увязывал бы в одну систему все показатели работы лесотранспортных машин.

В работах НАМИ и проф. Г.М. Анисимова [1, 2] рассмотрена взаимосвязь проходимости транспортных машин с полезной нагрузкой, протяженностью дороги, временем движения, расходом топлива, т.е. функция $P_{np} = f(Q_{noz}; S; t; g)$, согласно которой комплексный фактор проходимости колесных и гусеничных машин на трелевке древесины и автопоездов на вывозке древесины определяется

$$P_{np} = (Q_m S_m t_m g_m) / (Q_g S_g t_g g_g) = (Q_m V_m g_m) / (Q_g V_g g_g), \quad (6)$$

где Q_m и Q_g – полезная нагрузка при движении по трудному и эталонному участку пути соответственно, м³;

S_m и S_g – протяженность трудного и эталонного участка пути соответственно, км;

t_m и t_g – время движения машины по трудному и эталонному участку пути соответственно, с;

g_m и g_g – расход топлива при движении по трудному и эталонному участку пути соответственно, л(т)/км;

V_m и V_g – скорость движения машины по трудному и эталонному участку пути соответственно, км/ч.

Зависимость (6) учитывает энергетические свойства транспортной системы, но не учитывает технологические параметры эффективной работы транспортных машин. Так как имеется необходимость оценки не только технических, но и технико-экономических факторов эффективной работы транспортных средств на лесосечных работах и на вывозке, формула (6) требует уточнения.

Исходя из вышеизложенного в формуле (6), предлагается взамен показателей, характеризующих величины Q_m , Q_g , S_m , S_g и t_m , t_g , ввести показатель, характеризующий сменную производительность лесотранспортных машин. Таким образом, комплексный фактор проходимости преобразуется в коэффициент технологической проходимости $K_{mn} = f(P_{cm}; g)$. Термин «коэффициент технологической проходимости» включает не только техническую, но и технолого-экономическую сущность, отражающую как техническую проходимость, так и технологическую производительность транспортных машин на лесосечных работах и на вывозке.

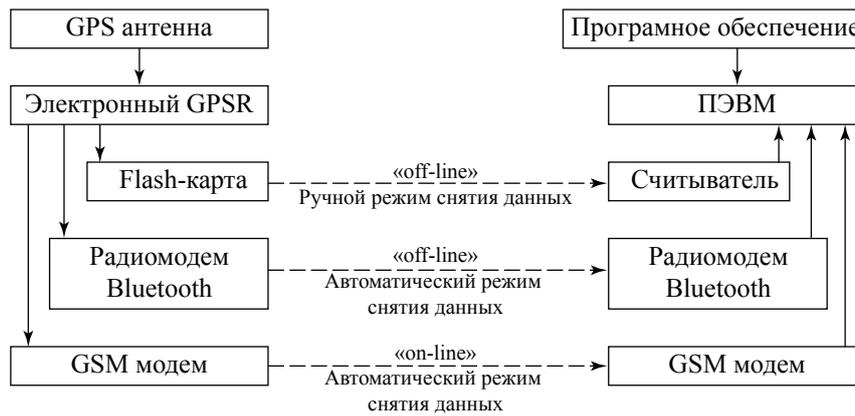


Рисунок. Система GPS мониторинга транспорта

При этом с учетом сменной производительности машин формула (6) примет вид

$$K_{sm} = (P_{cm}^m; g_s) / (P_{cm}^s; g_m), \quad (7)$$

где P_{cm}^m и P_{cm}^s – сменная производительность машин при движении по трудному и эталонному участку пути, $m^3/смену$;

g_m и g_s – расход топлива при движении по трудному и эталонному участку пути, л(т)/км.

Для лесовозных автопоездов при определении P_{cm}^s за S_s условно принимаются все участки лесовозных усов, веток и магистралей, имеющие хорошее состояние покрытия, обеспечивающие движение лесовозных автопоездов со скоростями, соответствующими динамическим возможностям автопоезда с учетом обеспечения безопасности движения; при определении P_{cm}^m за S_m принимаются все участки на дороге с фактическим состоянием покрытия.

Скорость, время движения, расход топлива при расчете P_{cm}^s определяются путем моделирования движения на ПЭВМ с использованием выведенных ранее расчетных формул и разработанных программ для ПЭВМ [5]. Для расчета указанных показателей необходимы технические характеристики автопоезда, его грузоподъемность и др., а также документы, характеризующие дорогу (продольный профиль и план). В случае отсутствия указанных документов необходимые данные об уклонах продольного профиля, радиусах вертикальных и горизонтальных кривых определяются с использованием спутниковых радионавигационных систем (GPS и ГЛОНАСС). С помощью спутниковых радионавигационных систем (СРНС), кроме

указанных показателей, можно определить: время погрузки и разгрузки, скорости движения в холостом и грузовом направлениях, расход топлива, фактическую продолжительность смены, время простоев и др.

Применяемая в данном случае для оценки фактических показателей работы система GPS мониторинга транспорта [5] предназначена для сбора и визуального отображения собранной информации о передвижении и техническом состоянии транспортных средств (рисунок).

Сущность данной системы GPS мониторинга заключается в следующем: на дисплее компьютера выводится электронная карта местности (города, региона, страны), на которой отображаются все данные о наблюдаемом объекте (местоположение, пройденный маршрут, точная скорость движения в любой момент времени, место и время остановок, истинный пробег). Данные о наблюдаемом объекте могут быть также представлены в виде таблиц, как в электронном, так и в печатном виде. Кроме того, данная система позволяет оценить техническое состояние автомобиля: напряжение бортовой сети автомобиля, температуру охлаждающей жидкости, давление масла, уровень и фактический расход топлива и др.

Исходя из вышеизложенного, в общем случае за P_{cm}^m принимается фактическая сменная производительность, которая определяется с использованием данных системы GPS мониторинга транспорта. За эталонную P_{cm}^s принимается расчетная сменная производительность, полученная с использованием данных по скорости и времени движения. Эталонный расход топлива (g_s) рассчитыва-

ется при моделировании движения, фактический расход топлива (g_m) определяется по данным системы GPS мониторинга.

Определив расчетную Π_{cm}° и фактическую Π_{cm}^m сменную производительность и соответствующий расход топлива g_m и g_{\circ} , с использованием зависимости (7) определяется коэффициент технологической проходимости.

В процессе эксперимента система GPS была установлена на лесовозный автопоезд-сортиментовоз на базе автомобиля КамАЗ-53228 (6×6), с использованием которой были получены показатели работы автопоезда в реальных природно-производственных условиях эксплуатации ЗАО «Шуялес» (Республика Карелия).

Расчетно-экспериментальными исследованиями доказано [5], что расчет по программе обеспечивает достаточную точность, достоверность и адекватность расчета показателей движения, максимальные расхождения по скорости и времени движения между фактическими и расчетными данными при эксплуатации автопоездов на дорогах с нормальным состоянием покрытия не превышают 4,5–5 % [5], что дает основание принимать расчетные показатели как базу для сравнения.

Пример: При расстоянии вывозки 86 км, из них по усу 2 км, по ветке 14 км, по дорогам общего пользования с асфальтобетонным покрытием 70 км, сменная эталонная производительность $\Pi_{cm}^{\circ} = 55,18 \text{ м}^3/\text{смену}$, фактическая $\Pi_{cm}^m = 41,15 \text{ м}^3$. При этом на ветке, в результате неудовлетворительного состояния покрытия на расстоянии 14 км фактическая скорость движения составила в порожнем направлении 27 км/ч, в грузовом 16 км/ч, а расчетная – соответственно 42 и 37 км/ч. На дороге общего пользования эталонная и фактическая скорость практически одинаковы: в порожнем 66,7 и 66 км/ч и в грузовом 65,9 и 61 км/ч. Эталонный расход топлива на всем маршруте составил 78,92 л на 100 км, а фактический 87,32 л/100 км. При этом на усах и на дороге общего пользования эталонный и фактический расход топлива практически равны, на ветке эталонный расход топлива 118 л/100 км, а фактический 170 л на 100 км. Коэффициент технологической проходимости составит $K_{mn} = (47,5 \cdot 78,9) / (55,18 \cdot 87,3) = 0,772$.

На вновь построенных лесовозных дорогах, спроектированных с соблюдением ГОСТов, с покрытием, выполненном на основе технических требований, значение K_{mn} близки к 1. В настоящее время большинство лесовозных дорог строятся лесозаготовительными предприятиями без проектов, содержанию построенных ранее дорог не уделяется достаточного внимания. В результате во многих случаях коэффициент технологической проходимости снижается до 0,5–0,55, что совершенно недопустимо, так как при таких значениях K_{mn} не только снижается производительность автопоездов в период их эксплуатации, но и увеличиваются затраты на их ремонт, ухудшаются условия работы водителей. Для любой дороги с использованием описанной методики работы можно получить данные по скорости движения и расходу топлива для эталонных и тяжелых условий, определить участки, где расхождения наиболее значительны. После этого можно рассчитать затраты на ремонт или реконструкцию этих участков, определить скорость на тяжелом участке, на основе которой корректируется Π_{cm}^m , определить коэффициенты технологической проходимости и экономический эффект от мероприятий по ремонту и реконструкции дорог с учетом изменения транспортной составляющей. После проведения нескольких циклов расчетов выбирается оптимальный вариант ремонта и реконструкции дороги, обеспечивающий минимум удельных затрат на содержание и ремонт дорог и вывозку леса.

Библиографический список

1. Анисимов, Г.М. Основы минимизации уплотнения почвы трелевочными системами: Научное издание / Г.М. Анисимов, Б.М. Большаков. – СПб.: ЛТА, 1998. – 108 с.
2. Горбачевский, В.А. Работа шин на лесотранспорте / В.А. Горбачевский. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 120 с.
3. Немцов, В.П. Эксплуатация автомобильного транспорта на лесозаготовительном предприятиях / В.П. Немцов, Б.А. Шестаков. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 271 с.
4. Прохоров, В.Б. Эксплуатация машин в лесозаготовительной промышленности / В.Б. Прохоров. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 304 с.
5. Шегельман, И.Р. Вывозка леса автопоездами. Техника. Технология. Организация / И.Р. Шегельман, В.И. Скрыпник, А.В. Кузнецов и др. – СПб.: ПРОФИКС, 2008. – 304 с.

ВОПРОСЫ НЕЗАВИСИМОСТИ ПОРОГОВЫХ РАВНОВЕРОЯТНЫХ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

А.В. БУРДЕЛЕВ, н. с. лаборатории ТВП ИКСИ

vgnikonov@mail.ru

Нейрокомпьютером в литературе называют многоуровневую адаптивную обучающуюся сеть из нейроподобных элементов, связи между которыми частично предопределены и фиксированы, частично перестраиваются в процессе решения задачи. Успехи в этом направлении связаны с прогрессом нейронауки, изучающей принципы переработки информации в живых организмах. Так еще в 40-х годах XX века Мак-Каллоком и Питтсом на основании достижений в нейрофизиологии была построена простейшая модель нейрона, функционирование которой задается пороговой булевой функцией. Таким образом, вычислительной средой нейрокомпьютера является сеть пороговых элементов. Последние разработки в области оптической микроэлектроники дают основание надеяться на широкое применение пороговых функций при создании схем на оптических элементах.

В этом случае простота обуславливается естественностью выполнения операции сложения уровней сигналов. Задача построения биективного преобразования векторного пространства V_2^n в нейробазисе сводится к построению регулярных систем пороговых булевых функций. Данная статья посвящена изучению их свойств.

Рассмотрим произвольное преобразование F_2^n пространства V_2^n , заданное системой координатных функций $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$. В этом случае преобразование $F_2^n: (x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow (y_1, y_2, \dots, y_n)$ записывается в виде:

$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ y_2 &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\dots \\ y_n &= f_n(x_1, x_2, \dots, x_n), \end{aligned} \quad (1)$$

где $f_i (i \in \overline{1, n})$ булевы функции n переменных.

Важнейшим прикладным требованием, предъявляемым к преобразованию

F_2^n пространства V_2^n , является его биективность.

Определение 1

Система $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ булевых функций от n переменных называется регулярной, если преобразование (1) является биективным.

Широко известен ряд критериев регулярности системы функций [5,6].

Теорема 1

(критерии регулярности)

Пусть $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ система булевых функций n переменных. Следующие утверждения эквивалентны:

1. система $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ является регулярной;

2. для любого вектора (a_1, \dots, a_n) пространства Z_2^n $f_1^{a_1} \dots f_n^{a_n} \not\equiv 0$;

3. для любого вектора (a_1, \dots, a_n) пространства Z_2^n $\|f_1^{a_1} \dots f_n^{a_n}\| = 1$;

4. для всех $1 \leq k \leq n$ и $1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq n$

$$\|f_{i_1} \dots f_{i_k}\| \bmod 2 = \begin{cases} 0, & \text{для } 1 \leq k < n \\ 1, & \text{для } k = n \end{cases};$$

5. для всех $1 \leq k \leq n$ и $1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq n$ функция

$f_{i_1} \oplus f_{i_2} \oplus \dots \oplus f_{i_k}$ – равновероятна;

6. для всех $1 \leq k \leq n-1$ и $1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq n$ произведение $f_{i_1} f_{i_2} \dots f_{i_k}$ не содержит члена $x_1 x_2 \dots x_n$, а произведение $f_{i_1} f_{i_2} \dots f_{i_n}$ содержит такой член;

7. группа инерции системы F в группе S_{2^n} подстановок на Z_2^n тривиальна: $I_{S_{2^n}}(F) = \{e\}$;

8. система функций $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ обладает нормальным распределением весов, т.е. для всех $1 \leq k \leq n$ и $1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq n$

$$\|f_{i_1} \dots f_{i_k}\| = 2^{n-k}.$$

В литературе [5] критерий 8 получил название критерия Хаффмана.

Далее будут рассматриваться системы пороговых булевых функций.

Определение 2

Булева функция f называется пороговой, если существует такой набор действительных чисел $\alpha_1, \dots, \alpha_n, \lambda$, что справедливо соотношение

$$f(x_1, \dots, x_n) = 0 \Leftrightarrow \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n \leq \lambda$$

$$f(x_1, \dots, x_n) = 1 \Leftrightarrow \lambda < \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n.$$

Покажем, что любая пороговая равновероятная функция обладает свойством «самодвойственности». Это свойство понадобится нам при доказательстве основного результата.

Теорема 2

Любая пороговая равновероятная функция является самодвойственной (обладает свойством «нечетности»):

$$f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) = \bar{f}(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Отрицание в булевом случае задается по закону $\bar{a} = 1 - a$.

Доказательство

Покажем, что свойство нечетности инвариантно относительно инвертирования переменной $\bar{x} = 1 - x$.

Пусть функция f' получена из функции f инвертированием переменной x_1 , тогда

$$f'(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(\bar{x}_1, x_2, \dots, x_n) =$$

$$= [\text{нечетность } f] = \bar{f}(\bar{\bar{x}}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) =$$

$$= \bar{f}(x_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) = \bar{f}'(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n).$$

Пусть

$$f = \begin{cases} 1, & a_1 x_1 + \dots + a_n x_n > b \\ 0, & a_1 x_1 + \dots + a_n x_n < b \end{cases}$$

– равновероятная пороговая функция и пусть $a_{i_1}, a_{i_2}, \dots, a_{i_p}$ – все отрицательные весовые коэффициенты. Инвертируем переменные с номерами i_1, i_2, \dots, i_p , тогда определяющее пороговое соотношение $a_1 x_1 + \dots + a_n x_n > b$ примет вид

$$a_1 x_1 + \dots + a_{i_1} (1 - x_{i_1}) + \dots + a_{i_2} (1 - x_{i_2}) +$$

$$+ \dots + a_{i_p} (1 - x_{i_p}) + \dots + a_n x_n > b$$

$$a_1 x_1 + \dots - a_{i_1} x_{i_1} + \dots - a_{i_2} x_{i_2} + \dots -$$

$$- a_{i_p} x_{i_p} + \dots + a_n x_n > b - a_{i_1} - a_{i_2} - \dots - a_{i_p}.$$

Теперь все весовые коэффициенты положительны. Введем новое обозначение

$b' = b - a_{i_1} - a_{i_2} - \dots - a_{i_p}$ и избавимся от знака минус в записи, заменив соответствующие a_i и $-a_i$ на a'_i . Получим равновероятную пороговую функцию

$$f' = \begin{cases} 1, & a'_1 x_1 + \dots + a'_n x_n > b' \\ 0, & a'_1 x_1 + \dots + a'_n x_n < b' \end{cases}$$

Покажем, что она обладает свойством нечетности.

От противного, пусть существует вектор $\bar{x} = (x_1, \dots, x_n) \in V_2^n$ такой что

$$f(x_1, \dots, x_n) = f(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n).$$

Без ограничения общности рассуждений считаем, что

$$f(x_1, \dots, x_n) = f(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n) = 1.$$

На языке пороговых соотношений это означает, что

$$\sum_{i \in I} a'_i > b' \text{ и } \sum_{i \in N_n \setminus I} a'_i > b'.$$

Обозначим

$$\sum_{i \in N_n} a'_i = S.$$

Тогда пороговые соотношения примут вид

$$\sum_{i \in I} a'_i > b' \text{ и } S - \sum_{i \in I} a'_i > b'.$$

Отсюда, сложив неравенства, получим

$$b' < S/2. \tag{2}$$

Но так как функция f' равновероятна и существует вектор $\bar{x} = (x_1, \dots, x_n) \in V_2^n$ такой, что $f(x_1, \dots, x_n) = f(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n) = 1$, то найдется другой вектор $\bar{x} = (x_1, \dots, x_n) \in V_2^n$ такой, что

$$f(x_1, \dots, x_n) = f(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n) = 0.$$

На языке пороговых соотношений это будет означать, что

$$\sum_{i \in J} a'_i < b' \text{ и } \sum_{i \in N_n \setminus J} a'_i < b'$$

или

$$\sum_{i \in J} a'_i < b' \text{ и } S - \sum_{i \in J} a'_i < b'.$$

Сложив, получим

$$b' > S/2. \tag{3}$$

Условия (2) и (3) противоречат друг другу. Полученное противоречие доказывает утверждение теоремы.

Конец доказательства

Определение 3

Булевы функции f_1, f_2, \dots, f_n будем называть k -независимыми, если для любых $1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq n$ $\|f_{i_1} \dots f_{i_k}\| = 2^{n-k}$.

В частности, булевы функции f_1, f_2, \dots, f_n будем называть попарно независимыми (2-независимыми), если для любых $i, j \in \overline{1, n}$ $i \neq j$ выполняется $\|f_i f_j\| = 2^{n-2}$ и независимыми в совокупности, если они k -независимы для любого $1 \leq k \leq n$.

Докажем основной результат.

Теорема 3

Если f_1, f_2, \dots, f_n пороговые равновероятные $(k-1)$ -независимые функции и k нечетно, то они независимы в совокупности.

Доказательство

Проведем доказательство теоремы методом от противного. Предположим, что f_1, f_2, \dots, f_k $(k-1)$ -независимы, но не k -независимы. Это означает, что

$$|(f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{k-1}) \cdot f_k| \neq 2^{n-1}.$$

Не ограничивая общности рассуждений, будем считать, что

$$|(f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{k-1}) \cdot f_k| > 2^{n-1}.$$

Так как k нечетно, то $f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{k-1}$ «антисамодвойственная» как сумма четного числа самодвойственных функций. Действительно, по теореме 6 и ввиду четности числа $k-1$, имеем

$$\begin{aligned} & f_1(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) \oplus f_2(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) \oplus \dots \oplus \\ & \oplus f_{k-1}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \oplus \\ & \oplus f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \oplus \dots \oplus f_{k-1}(x_1, x_2, \dots, x_n) \oplus \\ & \oplus (k-1) = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \oplus f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \oplus \\ & \oplus \dots \oplus f_{k-1}(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned}$$

Функция f_k самодвойственная по теореме 2. Значит, она не может совпадать с $f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{k-1}$ более чем на 2^{n-1} , так как совпадая с ней в одной точке (x_1, x_2, \dots, x_n) она точно не совпадает с ней в точке $(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$. Получаем противоречие.

В случае $|(f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{k-1}) \cdot f_k| < 2^{n-1}$ рассуждения проводятся аналогично с заменой $f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{k-1}$ на $f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{k-1} \oplus 1$, и также приводят к противоречию.

Значит

$$|(f_1 \oplus f_2 \oplus \dots \oplus f_{k-1}) \cdot f_k| = 2^{n-1}.$$

Отсюда следует, что f_1, f_2, \dots, f_k k -независимы.

Конец доказательства.

Приведем пример из области булевых равновероятных не самодвойственных функций, когда утверждение теоремы не выполняется:

x_1, x_2, x_3	f_1	f_2	f_3
000	1	1	1
001	0	0	1
010	0	0	1
011	0	1	0
100	1	0	0
101	0	1	0
110	1	0	0
111	1	1	1

Функции от 3 переменных f_1, f_2, f_3 являются равновероятными, но не самодвойственными; они 2-независимы, но не являются 3-независимыми (независимы в совокупности).

Изначальная гипотеза автора состояла в том, что для пороговых равновероятных функций независимость попарно равносильна независимости в совокупности. Тогда Критерий Хаффмана (пункт 8 теоремы 1) регулярности системы преобразился бы следующим образом: для любых $i, j \in \overline{1, n}$ $i \neq j$

$$\|f_i f_j\| = 2^{n-2}.$$

Однако завершить доказательство гипотезы не удалось – был найден контрпример, опровергающий гипотезу:

система булевых пороговых функций

$$f_i = \begin{cases} 1, & a_{i,1}(x_1 - 1/2) + \dots + a_{i,n}(x_n - 1/2) > 0 \\ 0, & a_{i,1}(x_1 - 1/2) + \dots + a_{i,n}(x_n - 1/2) \leq 0 \end{cases}, \quad i = \overline{1, n}$$

весовые коэффициенты которых задаются матрицей

$$(a_{ij}) = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

не является регулярной. Координатные функции являются попарно независимыми, 3-независимыми, но не являются 4-независимыми.

Таким образом, гипотеза верна только в случае $n = 3$ (число переменных), а в общем случае нет, однако в процессе попытки ее доказательства был получен результат о том, что из t -независимости координатных функций (где t четно) следует $(t + 1)$ -независимость.

Библиографический список

1. Дертоузос, М. Пороговая логика / М. Дертоузос. – М.: Мир, 1960.
2. Зуев, Ю.А. Комбинаторно-вероятностные и геометрические методы в пороговой логике / Ю.А. Зуев. // Дискретная математика. – 1991. – Вып. 2. – Т. 3. – С. 47–57.
3. Зуев, А.Ю. Пороговые функции и пороговые представления булевых функций / А.Ю. Зуев // Математические вопросы кибернетики. – 1994. – Вып. 5. – С. 5–61.
4. Зуев, А.Ю. Вероятностные методы в пороговой логике: автореф. дисс. ... д-р физ.-мат. наук / А.Ю. Зуев. – М.: Вычислительный центр РАН, 1998.
5. Никонов, В.Г. Методы компактной реализации биективных отображений, заданных регулярными системами однопольных булевых функций / В.Г. Никонов, А.В. Саранцев // Вестник Российского Университета Дружбы Народов. Серия «Прикладная и промышленная математика». – 2003. – Т. 2. – № 1. С. 94–105.
6. Носов, В.А. Основы комбинаторной теории для инженеров / В.А. Носов. – М.: в/ч 33965, 1990. – С. 41–47.

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ МЕТОД КАЛИБРОВКИ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

И.С. ИЛЬЮЩЕНКО, инженер-математик ОАО Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева

ilivs@mail.ru

Современные навигационные системы строятся на принципах построения бесплатформенной инерциальной системы (БИНС), где основополагающим источником входной информации являются измерители (датчики) угловой скорости (ДУС).

В настоящее время предъявляются все более высокие требования к точности навигации и управления современных космических аппаратов (КА), что делает актуальной задачу устранения систематических ошибок БИНС.

В данной работе предложен алгоритм, позволяющий скомпенсировать (откалибровать) систематические ошибки ДУС по измерениям углового положения КА от звездного датчика (ЗД). В работе предполагается, что характеристики ДУС не меняются в течение всего процесса калибровки. Предложенный алгоритм получен интегральным методом, что позволяет автоматически усреднить случайную составляющую ошибки.

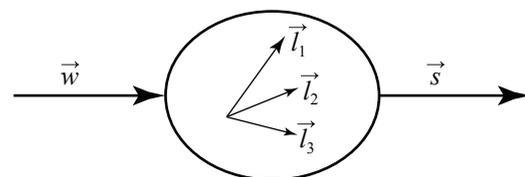
Настоящая работа отличается от [3] тем, что предложенный алгоритм способен производить коррекцию ДУС при движении КА на любой орбите. Также не накладывает-

ся требование медленного изменения (постоянства) со временем вектора угловой скорости КА.

В отличие от [4] для работы представленного алгоритма не требуется специальных разворотов, для коррекции используется программное угловое движение КА. Специальные развороты могут быть использованы для оптимизации алгоритма и повышения его точности.

Модель ДУС

Рассмотрим процесс измерения вектора угловой скорости \vec{w} в ДУС.



Рисунок

При измерении выходной сигнал \vec{s} представляет собой разложение \vec{w} скорости на составляющие, направленные по чувствительным осям прибора: \vec{l}_1 , \vec{l}_2 , \vec{l}_3 с масштабны-

ми коэффициентами k_1, k_2, k_3 соответственно. Также в выходной сигнал входит некая величина \vec{s}_0 , характеризующая «уход нуля» ДУС.

$$\vec{s} = \begin{pmatrix} k_1 \vec{l}_1^T \\ k_2 \vec{l}_2^T \\ k_3 \vec{l}_3^T \end{pmatrix} \vec{w} + \vec{s}_0 = B\vec{w} + \vec{s}_0.$$

Из-за неточного знания вектора \vec{s}_0 и матрицы B при восстановлении из сигнала \vec{s} ДУС вектора углового скорости мы получаем вектор измеренной угловой скорости \vec{w}^* , который отличается от вектора измеряемой угловой скорости \vec{w} .

$$\vec{w}^* = B^{*-1}(\vec{s} - \vec{s}_0^*) = B^{*-1}B\vec{w} + B^{*-1}(\vec{s}_0 - \vec{s}_0^*), \quad (1)$$

где B^* и \vec{s}_0^* – наше предположение о характеристиках ДУС.

Перепишем (1) в другом виде

$$B^* \vec{w}^* + \vec{s}_0^* = B\vec{w} + \vec{s}_0.$$

Проинтегрируем последнее выражение, полагая неизменность характеристик ДУС, используя определение средней величины

$$f_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt, \text{ имеем:} \\ B\vec{w}_{cp} + \vec{s}_0 = B^* \vec{w}_{cp}^* + \vec{s}_0^* = \vec{c}^*. \quad (2)$$

Определение средних векторов измеренной и измеряемой угловой скоростей

С ДУС поступает измеренная угловая скорость, следовательно, для определения вектора средней угловой скорости воспользуемся определением средней величины

$$\vec{w}_{cp}^* = \frac{1}{T} \int_0^T \vec{w}^*(t) dt.$$

Истинную угловую скорость можно получить из кинематического уравнения

$$2\dot{a} = a \circ \vec{w},$$

где кватернион a измеряется звездным датчиком.

В [1] приведен ряд численных методов решения данного уравнения. Воспользуемся модифицированным методом Эйлера с коррекцией нормы второго порядка точности

$$a_n = a_{n-1} \circ \left(1 + \frac{1}{2} \nabla \vec{\Theta}_n - \frac{1}{8} |\nabla \vec{\Theta}_n|^2 + \frac{1}{2} (1 - a_{n-1}^2) \right),$$

где

$$\nabla \vec{\Theta}_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \vec{w}(t) dt.$$

Откуда, имеем

$$\vec{w}_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T \vec{w}(t) dt = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^N \int_{t_{n-1}}^{t_n} \vec{w}(t) dt = \\ = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^N \nabla \vec{\Theta}_n = \frac{2}{T} \sum_{n=1}^N \text{vect}(\tilde{a}_{n-1} \circ a_n).$$

Аналогично воспользуемся модифицированным методом Эйлера с коррекцией нормы третьего порядка точности

$$a_n = a_{n-1} \circ \left(1 + \frac{1}{2} \nabla \vec{\Theta}_n - \frac{1}{8} |\nabla \vec{\Theta}_n|^2 + \frac{1}{24} \times \right. \\ \left. \times [\nabla \vec{\Theta}_n, \nabla^2 \vec{\Theta}_n] - \frac{1}{48} |\nabla \vec{\Theta}_n|^2 \nabla \vec{\Theta}_n + \frac{1}{2} (1 - a_{n-1}^2) \right),$$

где

$$\nabla^k \vec{\Theta}_n = \nabla^{k-1} \vec{\Theta}_n - \nabla^{k-1} \vec{\Theta}_{n-1}.$$

Откуда для \vec{w}_{cp} , имеем:

$$\vec{w}_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T \vec{w}(t) dt = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^N \int_{t_{n-1}}^{t_n} \vec{w}(t) dt = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^N \nabla \vec{\Theta}_n = \\ = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^N \frac{[\nabla \vec{\Theta}_{n-1}, \text{vect}(\tilde{a}_{n-1} \circ a_n)] - \\ - 12 \text{vect}(\tilde{a}_{n-1} \circ a_n) \left(1 - \frac{1}{24} |\nabla \vec{\Theta}_n|^2 \right) - \\ - \frac{(\text{vect}(\tilde{a}_{n-1} \circ a_n), \nabla \vec{\Theta}_{n-1}) \nabla \vec{\Theta}_{n-1}}{12 - 0,5 |\nabla \vec{\Theta}_n|^2}}{-6 + \frac{11}{24} |\nabla \vec{\Theta}_n|^2 - \frac{1}{96} |\nabla \vec{\Theta}_n|^4}}.$$

где

$$|\nabla \vec{\Theta}_n|^2 = -8sqal(\tilde{a}_{n-1} \circ a_n) + 12 - 4a_{n-1}^2.$$

Аналогичным способом можно получить численный алгоритм любой точности. Следовательно, по данным от ДУС и данным от ЗД в течение определенного промежутка времени, мы способны определить вектора средней измеренной угловой скорости и вектора средней измеряемой угловой скорости.

Определение характеристик ДУС

Для определения всех 12 характеристик ДУС воспользуемся выражением (2) в виде

$$\begin{pmatrix} \vec{b}_1^T \\ \vec{b}_2^T \\ \vec{b}_3^T \end{pmatrix} \vec{w}_{cp} + \vec{s}_0 = \vec{c}^*. \quad (3)$$

Для нахождения неизвестного вектора \vec{s}_0 и неизвестной матрицы B необходимо совершить 4 уравнения (3), т.е. конечная система уравнений будет иметь вид

$$\begin{pmatrix} \vec{w}_{cp1}^T & 1 \\ \vec{w}_{cp2}^T & 1 \\ \vec{w}_{cp3}^T & 1 \\ \vec{w}_{cp4}^T & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{k1} \\ b_{k2} \\ b_{k3} \\ s_{0k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{1k}^* \\ c_{2k}^* \\ c_{3k}^* \\ c_{4k}^* \end{pmatrix}, k = 1 \div 3.$$

В данной системе второй индекс обозначает компоненту вектора. Данную систему можно преобразовать к виду

$$\begin{pmatrix} \vec{w}_{cp1}^T & 1 \\ \vec{w}_{cp2}^T - \vec{w}_{cp1}^T & 0 \\ \vec{w}_{cp3}^T - \vec{w}_{cp1}^T & 0 \\ \vec{w}_{cp4}^T - \vec{w}_{cp1}^T & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{k1} \\ b_{k2} \\ b_{k3} \\ s_{0k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{1k}^* \\ c_{2k}^* \\ c_{3k}^* \\ c_{4k}^* \end{pmatrix}, k = 1 \div 3.$$

Полученная система имеет решение, если

$$\begin{vmatrix} \vec{w}_{cp1}^T & 1 \\ \vec{w}_{cp2}^T - \vec{w}_{cp1}^T & 0 \\ \vec{w}_{cp3}^T - \vec{w}_{cp1}^T & 0 \\ \vec{w}_{cp4}^T - \vec{w}_{cp1}^T & 0 \end{vmatrix} \gg 0, (4)$$

что естественным образом накладывает ограничения на возможность работы алгоритма. Считая, что характеристики ДУС не меняются в течение двух витков, можно на первом витке выбрать наиболее оптимальные участки программного углового движения для кор-

рекции, а на втором витке, повторяя программу полета, выполнить калибровку ДУС.

Также из (4) следует, что наиболее оптимально для работы алгоритма первый и второй разворот произвести с неравными сонаправленными средними угловыми скоростями, а третий и четвертый поворот должны быть произведены со взаимоперпендикулярными средними угловыми скоростями.

Библиографический список

1. Бранец, В.Н. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела / В.Н. Бранец, И.П. Шмыглевский, – М.: Наука, 1992.
2. Бранец, В.Н. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В.Н. Бранец, И.П. Шмыглевский, – М.: Физматлит, 1992.
3. Шашков, Г.Н. Система алгоритмов для определения ориентации по измерениям звездного датчика и датчика угловой скорости. Спутник связи «Ямал», бортовой комплекс управления, новые решения, под редакцией В.Н. Бранца.
4. Измайлов, Е.А. Скалярный способ калибровки и балансировки БИНС / Е.А. Измайлов, С.Н. Лепе, А.В. Молчанов и др. // Юбилейная XV Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам: сб. материалов. – СПб.: 2008. – 145 с.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УГОЛ–ПАРАМЕТР–КОД И ИХ ОСНОВНЫХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

В.В. АЛЕКСЕЕВ, *ст. науч. сотрудник ФГУ «22 ЦНИИИ Минобороны России»*,
 В.М. ИСАЕВ, *проф. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, д-р техн. наук, гл. науч. сотрудник ФГУ «22 ЦНИИИ Минобороны России»*

caf-emt@mgul.ac.ru

Цифровые преобразователи угла (ЦПУ) являются неотъемлемой частью систем управления специальных объектов. Эти системы построены на основе управляющих ЭВМ, в которые информация об измеряемом угловом положении органов управления передается от ЦПУ с определенной точностью. Поэтому для оценки точностных возможностей этих изделий требуется применение информационных характеристик.

Существующая номенклатура ЦПУ представлена двумя видами: преобразователями угол–код (УК), основой построения которых является кодовая шкала, и преобразова-

телями угол–параметр–код (УПК), состоящих из аналоговых датчиков угла, в качестве которых чаще всего используются вращающиеся трансформаторы (ВТ), и аналого-цифровых преобразователей (АЦП) сигналов ВТ в код.

Для оценки точности обоих видов ЦПУ применяют достаточно большой объем дифференциальных характеристик, таких как: n – число разрядов, q – угловая длительность расчетного кванта, как правило равная $360^\circ/2^n$, $N = 2^n$ – информационная емкость (число квантов), E_1 – погрешность квантования, E_2 – погрешность воспроизведения уровня квантования (погрешность координат

смены значений кода), E – погрешность преобразования, которая определяется как сумма составляющих E_1 и E_2 [1].

Недостаточная информативность оценки точности преобразователей УК на основе только дифференциальных характеристик и необходимость введения ее интегральной оценки показана в [1]. Для этого вида преобразователей выведен интегральный критерий точности – достоверность кода $P(E)$. Кроме этого разработаны математические модели ее определения и программы расчета с использованием законов распределения вероятностей (ЗРВ) погрешностей преобразователей для основных условий их применения. В моделях учтено, что погрешность E_2 преобразователей УК не должна превышать величины, равной половине кванта. Это характерно для данного вида изделий.

Исследования показывают, что, исходя из принципов формирования измерительной информации в преобразователях УПК, они могут нормально (без сбоя) функционировать в условиях внешних воздействий при наличии у них погрешности E_2 , достигающей величины 5–6 квантов для изделий средней точности и 5–8 квантов для прецизионных изделий. Исходя из этого, попытка использования достоверности кода в качестве критерия для оценки точности такого вида преобразователей оказывалась не всегда успешной, т.к. ошибки при ее расчете увеличивались в возрастающей степени с расширением диапазона $d(E_2)$ ЗРВ погрешности E_2 .

Это становится понятным при использовании для их определения отношения эквивалентного интервала неопределенности $d_3(E_2)$ к $d(E_2)$. В соответствии с [2] $d_3(E_2)$ является частью диапазона рассматриваемого ЗРВ погрешности E_2 преобразователя. Он равен диапазону равномерного закона, «замещающего» рассматриваемый ЗРВ и обладающего с ним равным дезинформационным действием, т.е. равноценного с информационной точки зрения. Минимальное значение $d_3(E_2)$ имеет место при нормальном виде ЗРВ погрешности E_2 . Предельное значение отношения $d_3(E_2)$ к $d(E_2)$, определяющее максимально допустимую ошибку в расчете, не должно быть больше единицы. Конкретные значения этого отношения в зависимости от вида и диапазона ЗРВ погрешности E_2 и соответствующие им значения достоверности кода $P(E)$, иллюстрирующие изложенное выше в части ошибок при ее расчете, приведены в таблице.

В статье рассматривается подход к интегральной оценке точности преобразователей УПК и их основных составных частей – АЦП и ВТ с использованием критерия «информационная способность» M и m , выраженного, соответственно, в квантах и в битах. Универсальность этого критерия по сравнению с достоверностью кода, кроме изложенного выше, заключается в возможности его использования как в случаях цифрового (преобразователь УПК и АЦП), так и аналогового (ВТ) выходных сигналов.

Т а б л и ц а

Зависимость от вида ЗРВ отношения эквивалентного интервала неопределенности погрешности E преобразователей УПК к диапазону ее распределения

Вид ЗРВ	$d(E), q$	$P(E)$, отн. ед.	$d_3(E), q$	$d_3(E)/d(E)$
Н*Р	$\pm 2,5$	0,163	3,063401	1,225
	$\pm 4,5$	0,072	6,922118	1,538
Н*ЛУ	$\pm 2,5$	0,172	2,911563	1,16
	$\pm 4,5$	0,077	6,535300	1,45
Н*УУ	$\pm 2,5$	0,158	3,168219	1,27
	$\pm 4,5$	0,071	7,055334	1,57
Н*ЛУЛВ	$\pm 2,5$	0,084	5,956875	2,38
	$\pm 4,5$	0,023	21,38791	4,75

Условные обозначения: * – знак композиции видов ЗРВ: Н – нормального; Н*Р – нормального и равномерного, Н*ЛУ – нормального и линейно убывающего; Н*ЛУЛВ – нормального и линейно убывающего и затем линейно возрастающего

В основу математической модели определения информационной способности преобразователя УПК положено отношение статистических параметров ЗРВ погрешностей E идеализированного и реального преобразователей. В отличие от принятого в [3] в качестве параметра в отношении выбрано среднее квадратическое отклонение (СКО) $\sigma(E)$ погрешности E , т.к. оно в наибольшей степени характеризует ее ЗРВ. Отметим, что отношение СКО нашло широкое применение также для решения задач в теории управления и контроля [4].

Для определения $\sigma(E)$ следует принять во внимание, что принципы формирования погрешности E преобразователей УПК такие же, как у преобразователей УК [1, 5]. Погрешность квантования E_1 является методической и, как известно, имеет равномерный вид ЗРВ [1, 2]. У идеализированного преобразователя погрешность E будет состоять лишь из погрешности E_1 и, следовательно, ее ЗРВ будет равномерным. У реального преобразователя по тем или иным причинам (несовершенство производства изделий, воздействие на них внешних факторов) появляется погрешность E_2 , которая может подчиняться любому из многих видов ЗРВ от нормального до двухмодального несимметричного. В результате ЗРВ погрешности E является композицией равномерного ЗРВ погрешности E_1 и какого-либо из видов ЗРВ погрешности E_2 .

По массивам погрешностей E идеализированного и реального преобразователей определяется их $\sigma(E_{ид})$, $\sigma(E_{рн})$ и математическое ожидание $m(E_{рн})$. При этом предполагается равномерное распределение преобразуемой входной угловой величины.

По полученным значениям $\sigma(E_{ид}) = \sigma(E_1)$ и $\sigma(E_{рн})$ определяется величина потерь информационной способности $\Delta H_{рн}$ реального преобразователя, как

$$\Delta H_{рн} = -\log_2(\sigma(E_{ид})/\sigma(E_{рн})). \quad (1)$$

Исходя из выражения (1), предположим, что у реального преобразователя погрешность E_2 близка к нулю и, следовательно, $\sigma(E_{рн}) \simeq \sigma(E_1)$. Тогда отношение $\sigma(E_{ид})/\sigma(E_{рн})$ будет близко к единице и, учитывая, что логарифм единицы равен нулю, реальный преобразователь в этом случае практически не будет иметь потерь информации на выходе.

Информационная способность преобразователей УПК, выраженная в битах и квантах, на основании выражения (1) определяется соответственно как

$$m = n - \Delta H_{рн} \quad \text{и} \quad (2)$$

$$M = 2^m. \quad (3)$$

Существенное влияние на информационную способность реальных преобразователей оказывает математическое ожидание $m(E_2)$ погрешности E_2 и соответственно математическое ожидание $m(E_{рн})$ погрешности E . Для учета этого влияния и принимая математическое ожидание [1, 2], $\sigma_m(E_{рн})$ определяется как

$$\sigma_m(E_{рн}) = \sqrt{(\sigma(E_{рн}))^2 + (m(E_{рн}))^2}. \quad (4)$$

В общем случае под воздействием внешнего фактора у реального преобразователя появляется дополнительная погрешность E_d , измеренная в качестве отдельной составляющей погрешности E_2 . Тогда суммарное СКО $\sigma_\Sigma(E_{рн})$ определяется как

$$\sigma_\Sigma(E_{рн}) = \sqrt{(\sigma_m(E_{рн}))^2 + (\sigma(E_d))^2}. \quad (5)$$

По аналитическим выражениям (1) – (3) с учетом зависимости (4) или (5) определяется информационная способность преобразователя.

Частным случаем является отсутствие технической возможности измерения всего массива погрешности E_d . Когда она измеряется в одной фиксированной точке и рассматривается как систематическая составляющая погрешности E , тогда $\sigma_\Sigma(E_{рн})$ определяется как

$$\sigma_\Sigma(E_{рн}) = \sqrt{(\sigma_m(E_{рн}))^2 + (E_{дф})^2}. \quad (6)$$

Разработанная модель интегральной оценки точности преобразователей УПК, представленная соотношениями (1) – (6), апробирована методами математического моделирования и экспериментальными методами. На рис. 1 показана зависимость потерь информационной способности преобразователей УПК от диапазона и вида ЗРВ погрешности E_2 . Для сравнения приведены семейства кривых, соответствующих наиболее характерным для преобразователей УПК диапазонам ЗРВ погрешности E_2 , составленных из композиций нормального и отличных от нормального ЗРВ с долей нормальной составляющей в диапазоне композиции, колеблющейся от 0 до 1.

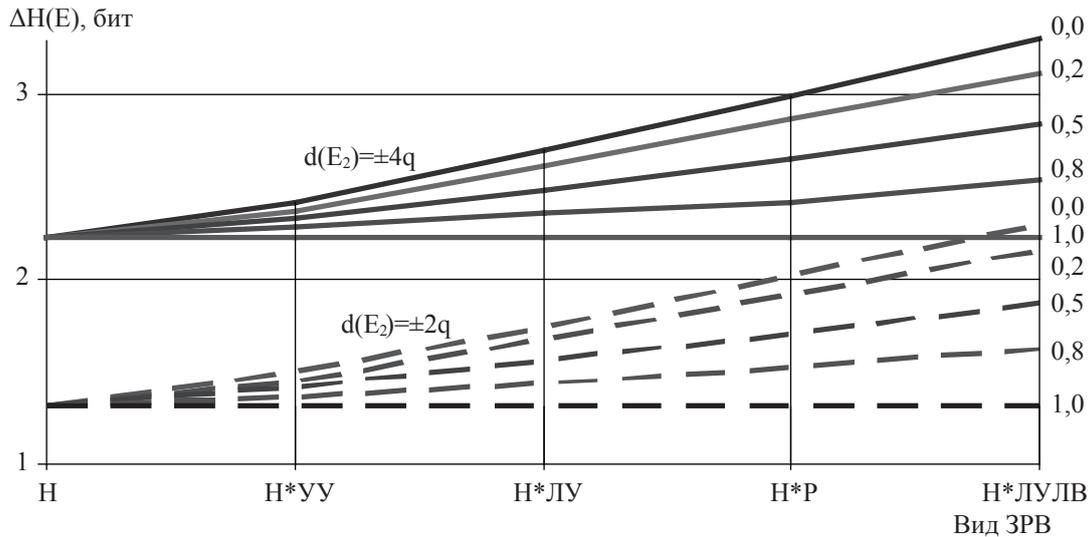


Рис. 1. Зависимость потерь информационной способности преобразователей УПК от диапазона и вида ЗРВ погрешности E_2

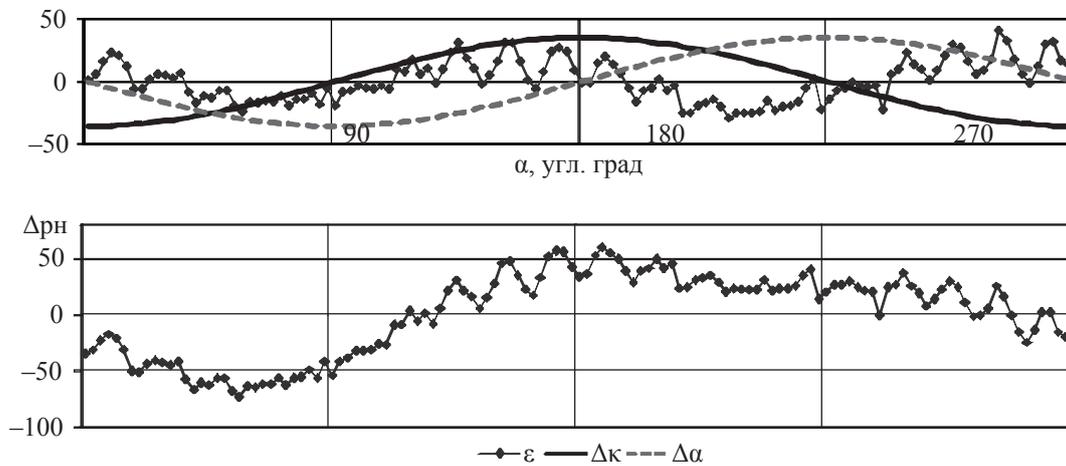


Рис. 2. Механизм формирования суммарной погрешности СКВТ

Из приведенных данных рисунка следует, что наименьшими потерями информации обладают преобразователи с нормальным ЗРВ погрешности E_2 , а наибольшими – преобразователи с композиционным нормальным с линейно убывающим, а затем линейно возрастающим ЗРВ погрешности E_2 (ярко выраженный двухмодальный ЗРВ). Наличие такой информации позволяет достоверно оценивать точностные возможности реальных преобразователей в составе систем управления специальных объектов.

Изложенный подход к определению потерь информационной способности преобразователя УПК используется также применительно к АЦП как его составной части.

Математические модели определения информационной способности ВТ разработа-

ны для двух основных режимов применения этих изделий: дистанционной передачи (ДП) и синусно-косинусного (СК) режима. В основу модели (как и у преобразователей УПК) положено отношение статистических параметров ЗРВ погрешностей идеализированного и реального ВТ.

Для ВТДП характерна линейная функция преобразования входной угловой величины в выходной аналоговый сигнал. Определение его информационной способности выполняется в следующей последовательности.

Формируется массив погрешности $\Delta_{рн}$ отображения линейной зависимости реального ВТДП, измеренной в 180 или 256 угловых координатах. Затем определяются вид ее ЗРВ и значения $d(\Delta_{рн})$, $m(\Delta_{рн})$ и $\sigma(\Delta_{рн})$.

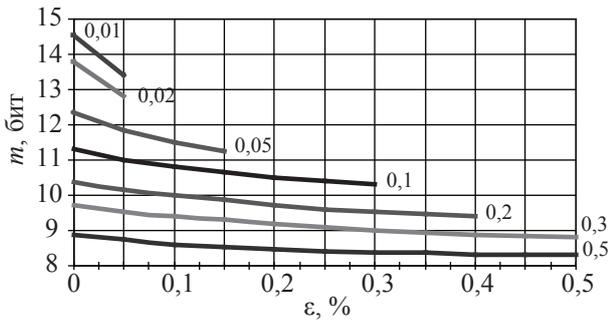


Рис. 3. Зависимости информационной способности СКВТ по классам точности 0,01–0,5

Далее определяется потенциально возможное значение информационной способности реального ВТДП, для чего рассматривается идеализированный ВТДП, имеющий нормальный ЗРВ $\Delta_{ид}$ с диапазоном $d(\Delta_{ид})$, равным $d(\Delta_{рн})$. В этом случае в соответствии с [2] ВТДП будет иметь минимальный эквивалентный интервал неопределенности $d_3(\Delta_{ид})$. Для нормального ЗРВ с шестисигмовым интервалом $d(\Delta_{ид})$, а, следовательно, $\sigma(\Delta_{ид})$, равной $d(\Delta_{рн})/6$, значение $d_3(\Delta_{ид})$ определяется как в [2]

$$d_3(\Delta_{ид}) = \sigma(\Delta_{ид}) \cdot \sqrt{2\pi \cdot e}. \quad (7)$$

В этом случае потенциальная информационная способность реального ВТДП, выраженная через число различимых градаций [2], определяется как $M_{ид} = Q / d_3(\Delta_{ид})$, где Q – диапазон измерения угла, в большинстве случаев равный $360^\circ = 21600' = 1296000''$.

Потенциальная информационная способность, выраженная в битах, определяется как

$$m_{ид} = \log_2 M_{ид}. \quad (8)$$

По полученным значениям $\sigma(\Delta_{ид})$ и $\sigma(\Delta_{рн})$ и по формулам (1)–(6), подставляя в выражение (2) $n = m_{ид}$, определяем информационную способность реального ВТДП.

При определении информационной способности СКВТ исходными данными являются массив погрешности отображения синусной зависимости ε , значения асимметрии нулевых положений ротора $\alpha_{ас}$ и неравенство коэффициентов трансформации Δk , измеренные в нормальных условиях. При этом важно, чтобы каждое i -е значение погрешности ε в массиве соответствовало i -й угловой координате на входе СКВТ [5]. Значения $\Delta\alpha_{асi}$ и Δk_i получают из формул, отражающих поведение этих параметров в функции угла поворота, как

$$\Delta\alpha_{асi} = \Delta\alpha_{ас} \cdot \sin \alpha_i; \Delta k_i = \Delta k \cdot \cos \alpha_i.$$

Механизм формирования суммарной погрешности СКВТ показан на рис. 2. Ее значения вычисляются как сумму трех указанных на рисунке составляющих с учетом их знака

$$\Delta_i = \varepsilon_i + \Delta\alpha_{асi} + \Delta k_i, \quad (9)$$

где $i = 1, \dots, s$; s – величина выборки.

По результатам статистической обработки полученного в соответствии с выражением (9) массива погрешности $\Delta_{рн}$ рассчитываются значения $d(\Delta_{рн})$, $m(\Delta_{рн})$ и $\sigma(\Delta_{рн})$. Далее определяется значение $\sigma(\Delta_{ид})$ в предположении, что ЗРВ погрешности $\Delta_{рн}$ нормальный и $\sigma(\Delta_{ид}) = d(\Delta_{рн}) / 6$. Величина эквивалентного интервала неопределенности $d_3(\Delta_{ид})$ вычисляется по формуле (7). Производится разбиение синусно-косинусной выходной характеристики СКВТ интервалами, равными $d_3(\Delta_{ид})$. При этом разбиение осуществляется на тех участках синусной и косинусной зависимостей, которые имеют наибольшее приближение к линейной зависимости: $0-45^\circ$; $135-225^\circ$; $315-360^\circ$ – у синусоиды и $45-135^\circ$; $225-315^\circ$ – у косинусоиды. Это обусловлено логикой преобразования выходных сигналов СКВТ в преобразователях УПК, построенных по структурной схеме, использующей режим СКВТ. Суммарное число разбиений синусоиды и косинусоиды в пределах Q составит величину информационной способности $M_{ид}$ СКВТ при нормальном ЗРВ погрешности $\Delta_{ид}$. Информационная способность $m_{ид}$ СКВТ вычисляется по формуле (8). Информационная способность реального СКВТ определяется как и для ВТДП.

Зависимости информационной способности СКВТ по классам их точности приведены на рис. 3. Данные рисунка иллюстрируют реальные информационные возможности этих изделий в составе преобразователя УПК для выбора его разрядности в соответствии с классом точности СКВТ.

Разработанные математические модели и алгоритмы расчета информационной способности преобразователей УПК и их основных составных частей – АЦП и ВТ позволяют на единой информационной основе давать интегральную оценку их функциональных возможностей применительно к использованию в цифровых системах автоматического управления. Работоспособность

и эффективность моделей и алгоритмов подтверждена на практике для широкой номенклатуры изделий.

Преимуществами предложенного подхода к интегральной оценке точности преобразователей УПК и их составных частей являются следующие.

Возможность достоверной интегральной оценки точности преобразователей УПК всех типов.

Достижение более высокой (по сравнению с существующей) точности оценки функциональных параметров преобразователей УПК, в том числе со сложными композиционными ЗРВ погрешности E_{Σ} , имеющими место при воздействии критичных для этих изделий внешних факторов.

Возможность интегральной оценки точности ВТ во всех режимах применения в составе преобразователей УПК, что позволя-

ет однозначно и более достоверно определять разрядность преобразователя.

Библиографический список

1. Домрачев, В.Г. Цифровые преобразователи угла: принципы построения, теория точности, методы контроля / В.Г. Домрачев, Б.С. Мейко. – М.: Энергия, 1984.
2. Новицкий, П.В. Основы информационной теории измерительных устройств / П.В. Новицкий. – М.: Энергия, 1968.
3. Кветный, Р.Н. Информационная теория измерений: от модели к изделию / Р.Н. Кветный, В.Т. Маликов. – М.: Знание, 1982.
4. Солодов, А.В. Теория информации и ее применение к задачам автоматического управления и контроля / А.В. Солодов. – М.: Наука, 1967.
5. Алексеев, В.В. Оценка точностных параметров преобразователей угол–параметр–код / В.В. Алексеев, Р.И. Князев // Материалы XXVIII научно-технической конференции молодых ученых и специалистов института. – Вып.58, Мытищи: 22 ЦНИИИ Минобороны России, 2005.

ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ

М.В. АНТОШИНА, инженер каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ,

И.В. АНТОШИНА, доц. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, канд. техн. наук

mantoshina@mgul.ac.ru; antoshina@mgul.ac.ru

Инженерные графические редакторы – это программный продукт, предназначенный для автоматизации построения инженерных чертежей. В настоящее время они применяются в различных сферах: научной и инженерно-конструкторской деятельности, в архитектуре, дизайне, геодезии и картографии, полиграфии.

Перед пользователем всегда остро стоит проблема выбора программы, наиболее полно удовлетворяющей его потребности, из огромного класса подобных. Эту проблему можно решить посредством оценивания качества программного обеспечения.

Оценивание качества чаще всего проводится на основе рекомендаций стандарта ISO/IEC 9126:1991 «Информационные технологии. Оценка продукции программного обеспечения. Характеристики качества и инструкции по их применению» [8]. Исходя из рекомендаций стандарта, на первом этапе

строится иерархическая система характеристик качества (ИСХК). Высшие два уровня иерархии рекомендованы стандартом, а низшие должны разрабатываться исходя из класса программного обеспечения. В итоге оценка качества программного продукта получается из оценок характеристик качества нижнего уровня. Приведем важнейшие требования к составляемой ИСХК [1].

Полнота – набор характеристик качества – должна характеризовать основные возможности и свойства программ данного класса.

Неизбыточность – характеристики качества не должны перекрываться и дублировать друг друга.

Ясность и измеримость значений – наименования характеристик качества нижнего уровня должны формулироваться так, чтобы была возможность их оценить.

Соответствие установившимся понятиям и терминологии.

Уровень вложенности ИСХК						
1	2	3	4	5	6	7
Команды черчения						
Построение отрезка						
		Возможность выбора цвета линии				
		Построение полилинии (Полилиния – законченный примитив в виде ломаной линии, дуги или окружности)				
		Возможность выбора толщины полилинии				
		Возможность построения луча из точки				
		Построение прямой через точку				
		Возможность построения вертикально				
		Возможность построения под углом				
		Возможность построения горизонтально				
		Построение мультилинии (Мультилиния – единый примитив из параллельных ломаных линий)				
		Возможность задания привязки к начальной точке				
		Возможность задания ширины				
		Выбор типа линии				
		Возможность выбора штрихпунктирной линии				
		Возможность изменения длины штрихов и расстояние между ними				
		Возможность выбора пунктирной линии				
Построение дуги						
		Возможность построения по началу, концу и центру дуги				
		Возможность построения по началу, центру и центральному углу дуги				
		Возможность построения по началу, центру и длине хорды дуги				
		Возможность построения по началу, концу и центральному углу хорды				
		Возможность построения по началу, концу и радиусу дуги				
		Возможность построения по началу, концу и направлению касательной				
		Возможность построения по центру, началу и концу				
		Возможность построения по центру, началу и центральному углу дуги				
		Возможность построения по центру, началу и длине хорды дуги				
		Возможность построения по началу, концу и любой точке дуги				
Построение круга						
		Возможность построения по центру и диаметру				
		Возможность построения по двум точкам, определяющим диаметр круга				
		Возможность построения по трем точкам, не лежащим на одной прямой				
		Возможность построения по заданному радиусу, касательной к двум пересекающимся прямым, к двум окружностям, дугам				
		Возможность построения по центру и радиусу				
Построение точки						
		Возможность ввода указанием точки курсором на рабочем поле				
		Возможность ввода с использованием объективной привязки				
		Возможность ввода координат с клавиатуры				
Построение кольца						
		Возможность построения по внутреннему и внешнему диаметру и точке центра				
Построение эллипса						
		Возможность построения по точке центра и величине двух полуосей				
		Возможность построения по оси и полуоси				
Построение многоугольника						
		Возможность построения описанного многоугольника				
		Возможность построения вписанного многоугольника				
		Возможность построения по точкам начала и конца стороны				
Построение прямоугольника						

Уровень вложенности ИСХК						
1	2	3	4	5	6	7
		Возможность построения со скругленными углами				
		Возможность построения с заданной толщиной линии				
		Возможность построения со снятыми фасками во всех углах				
	Построение лекальной кривой (Лекальная кривая – плавная кривая, проходящая через определенные точки)					
		Возможность прохождения кривой через заданные точки				
		Возможность прохождения кривой на заданном расстоянии от точек				
Команды ввода текста						
	Возможность ввода любого количества текста					
	Возможность ввода текста с помощью любого текстового редактора (Например копированием текста через буфер обмена Windows)					
	Изменение стиля текста					
		Задания языка написания букв				
		Возможность задания латинского написания букв				
		Возможность задания русского написания букв				
	Команды редактирования					
		Выравнивание текста				
		Возможность выравнивания по правому краю относительно точки				
		Возможность центрирования текста относительно точки				
		Возможность размещения текста в заданных границах				
		Возможность копирования текста				
		Возможность вставки текста				
		Возможность перемещения текста				
		Возможность задания относительной ширины букв				
		Задание начертания букв				
		Возможность задания курсивного начертания				
		Возможность задания подчеркнутого начертания				
		Возможность задания полужирного начертания				
		Возможность задания угла наклона букв				
		Возможность создания нового шрифта				
		Возможность выбора из набора шрифтов				
Простановка размеров						
	Нанесение нелинейных размеров					
		Возможность нанесения размера диаметра окружности				
		Возможность нанесения радиуса окружности				
		Возможность нанесения угловых размеров				
	Нанесение линейных размеров					
		Возможность проставления наклонного размера				
		Возможность проставления размеров от базы				
		Возможность проставления размеров цепочкой				
		Возможность проставления горизонтальных и вертикальных размеров				
	Настройка параметров простановки размеров					
		Редактирование положения размерного текста и размерных линий				
		Возможность перемещения текста к правой выносной линии				
		Возможность перемещения в середину выносной линии				
		Возможность перемещения текста к левой выносной линии				
		Выбор основных единиц измерения и точности				
		Возможность выбора точности измерения				
		Возможность выбора округления до определенного знака после запятой				
		Возможность установления масштабного множителя				
		Возможность выбора единиц измерения				

Уровень вложенности ИСХК						
1	2	3	4	5	6	7
		Редактирование содержания размерного текста				
			Возможность изменения размерного текста			
			Возможность поворота текста на заданный угол			
			Возможность наклона выносных линий на указанный угол			
			Возможность возврата текста в исходное положение			
		Настройка размерного текста				
			Возможность задания зазора между текстом и размерной линией			
			Возможность размещения текста вертикально			
			Возможность задания высоты текста			
			Возможность задания цвета текста			
			Возможность задания текстового стиля			
		Изменение линий и стрелок				
			Возможность задания типа стрелок			
			Возможность задания длины стрелок			
			Возможность изменения цвета размерной линии			
			Возможность изменения расстояния между параллельными размерными линиями			
			Возможность изменения толщины размерной линии			
			Возможность изменения цвета выносных линий			
			Возможность изменения толщины выносных линий			
			Возможность изменения величины, на которую выносные линии выступают над стрелкой			
		Возможность нанесения координат точки				

Возможность последующего уточнения и детализации.

Разложимость – большие группы характеристик качества должны быть разбиты на логически связанные подгруппы, число характеристик в которых не должно превышать семь.

Информативность – каждая характеристика качества должна характеризовать важное свойство ПС данного класса.

Наиболее важный фрагмент ИСХК для инженерных графических редакторов с пояснениями к специализированным терминам, входящим в названия характеристик, приведен в таблице. Он позволяет провести оценку такого показателя качества программного обеспечения, как «Соответствие назначению». Согласно [8] «Соответствие назначению» – это характеристика качества программного обеспечения, которая основана на существовании и соответствии набора функций для специфицированных задач.

Каждый пользователь, используя такое полное описание показателя качества «Соответствие назначению», может оценить, насколько конкретный инженерный графический редактор соответствует его потребностям.

Известно, что для расчета обобщенной оценки качества программного обеспечения, исходя из оценок единичных показателей качества, могут использоваться различные формулы, например одна из рассмотренных в [1–8]. Разработанная ИСХК позволяет получать обобщенную оценку качества программного обеспечения независимо от используемой формулы.

Для получения упрощенной оценки качества программного продукта данного класса, которую без труда может рассчитать любой пользователь, необходимо выбрать наиболее важные, с его точки зрения, характеристики и присвоить каждой из них одно из двух значений 0 или 1. Значение 0 подразумевает, что функция, описываемая характеристикой качества, не соответствует требованиям пользователя, а 1 – соответствует. Далее полученные значения суммируются, и программный продукт, набравший наибольшее количество баллов, будет по функциональности наиболее полно удовлетворять требования конкретного пользователя.

В заключение следует отметить, что впервые предложена столь полная ИСХК для программных продуктов класса инженерных графических редакторов.

Библиографический список

1. Антошина, И.В. Методика составления системы характеристик качества для программных средств / И.В. Антошина, В.Г. Домрачев, И.В. Ретинская // Качество, инновации, образование. – 2002. – № 3. – С. 57–60.
2. Воробьев, В.И. Методы и модели оценивания качества программного обеспечения / В.И. Воробьев, А.В. Копыльцов, Б.П. Пальчун и др. – СПб.: СПИИРАН, 1992. – 33 с.
3. Апостолова, Н.А. О программнометрическом подходе к оценкам программного обеспечения / Н.А. Апостолова, Б.С. Гольдштейн, Р.А. Зайдман // Изв. вузов. Программирование. – 1995. – № 4. – С. 38–44.
4. Хубаев, Г.Н. Экономическая оценка потребительского качества программных средств: текст лекций РГЭА / Г.Н. Хубаев. – Ростов-на-Дону, 1997. – 104 с.
5. Елтаренко, Е. Оценка аппаратных и программных средств по многоуровневой системе критериев / Е. Елтаренко, М. Сергиевский // Компьютерпресс. – 1998. – № 8. – С. 268–272.
6. Антошина, И.В. К вопросу о способах оценки качества и выбора программных средств / И.В. Антошина // Материалы международной конференции «Системные проблемы качества, математического моделирования и информационных технологий». – Москва–Сочи, 2000. – Ч. 3. – С. 46–47.
7. Домрачев, В.Г. Обзор методов оценки качества и выбора программных средств. Индустрия образования / В.Г. Домрачев, И.В. Ретинская, И.В. Антошина // Информационные технологии в системе образования: сб. статей. – М.: МГИУ, 2002. – Вып. 6. – С. 140–149.
8. ISO/IEC 9126:1991. Information technology – Software product evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use.

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

А.А. БОРИСОВ, начальник ФГУ «22 ЦНИИИ Минобороны России», канд. техн. наук,
В.М. ИСАЕВ, проф. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, главный научный сотрудник ФГУ «22 ЦНИИИ Минобороны России», д-р. техн. наук

caf-emt@mgul.ac.ru

Разработка электронной компонентной базы (ЭКБ) специального назначения подчинена действию определенного набора закономерностей, обуславливающих тенденции, направления и показатели ее программного развития, унификации и стандартизации и характеризующих особенности формирования современных подходов к решению задач создания оптимизированной номенклатуры электрорадиоизделий (ЭРИ) нового поколения.

В последние годы одним из основных направлений развития ЭКБ является ее интегральная насыщенность, переход от выполнения отдельных функций дискретными элементами к решению функционально законченных, зачастую аппаратурных задач. К таким изделиям относятся «системы на кристалле», «системы в корпусе», электронные (в том числе стандартные) функциональные модули, сложные комплексированные устройства преобразования энергии и информации, оптоэлектронные узлы, многофункциональные модули СВЧ приборов и т.п. При этом стоит задача формирования и жесткой унифи-

кации требований к конструктивно-техническим параметрам таких изделий, к их эксплуатационным характеристикам и надежности.

Обеспечение требований надежности к функционально сложным (включая комплексированные) ЭРИ нового поколения невозможно без создания объективных и ускоренных методов оценки соответствия этим требованиям, учитывающим особенности функционирования таких ЭРИ в радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) и возможные изменения значений параметров-критериев годности изделий в процессе эксплуатации и наработки.

Как показывают многочисленные исследования, в реальных условиях эксплуатации во внутренней структуре и компонентах функционально сложных ЭРИ возникают деградационные процессы, которые приводят к изменению первоначального состояния параметров-критериев годности (точности, чувствительности, разрешающей способности, мощности и других характеристик). При этом доминирующие деградационные процессы определяют скорость и характер изменения

параметров-критериев годности ЭРИ, а, следовательно, эффективность ее применения и надежность (для неремонтопригодной ЭКБ, прежде всего, безотказность).

Учитывая, что в современной РЭА специального назначения ЭРИ, как правило, функционирует по разомкнутой схеме и их выходные характеристики зачастую не могут быть скорректированы, то им присущи как внезапные (отказ любого внутреннего комплектующего элемента или узла ЭРИ), так и параметрические (выход значения параметров-критериев годности за допустимые пределы) отказы.

При расчете надежности сколь угодно сложного изделия (устройства или системы) вероятность безотказной работы определяется как [1]

$$P(t) = P_1(t) P_2(t) P_3(t), \quad (1)$$

где $P_1(t)$ – вероятность безотказной работы при внезапных отказах;

$P_2(t)$ – вероятность безотказной работы при параметрических отказах;

$P_3(t)$ – вероятность безотказной работы при перемежающихся отказах.

Для ЭКБ перемежающиеся отказы, особенно в условиях отлаженного серийного производства, маловероятны. Поэтому с большой долей вероятности можно предположить

$$P_3(t) = 1. \quad (2)$$

Воспользуемся функциональной связью между вероятностью безотказной работы $P(t)$ и плотностью распределения наработки до отказа $g(t)$

$$P(t) = \int_t^{\infty} g(\tau) d\tau = 1 - \int_0^t g(\tau) d\tau. \quad (3)$$

Подставляя выражение (3) в (1) и учитывая условие (2), получаем

$$\int_0^t g(\tau) d\tau = \int_0^t g_1(\tau) d\tau + \int_0^t g_2(\tau) d\tau - \int_0^t g_1(\tau) d\tau \int_0^t g_2(\tau) d\tau, \quad (4)$$

где $g_1(t)$, $g_2(t)$ – соответственно плотности распределения наработки до внезапного и параметрического отказов.

Применяя известное в математике соотношение

$$\left(\int_{\varphi(x)}^{\psi(x)} f(x, y) dy \right)' = \psi'(x) f(x, \psi(x)) - \varphi'(x) f(x, \varphi(x)) + \int_{\varphi(x)}^{\psi(x)} \left[\frac{df(x, y)}{dy} \right] dy,$$

с учетом формулы (3) выражение (4) преобразуется как

$$g(t) = g_1(t)P_2(t) + g_2(t)P_1(t). \quad (5)$$

По известной плотности распределения наработки до отказа $g(t)$ можно определить интенсивность отказов ЭРИ

$$\Lambda(t) = g(t)/P(t). \quad (6)$$

Таким образом, для определения показателей безотказности необходимо знать плотность распределения наработки до отказа $g(t)$, которая функционально через выражение (4) зависит от двух составляющих $g_1(t)$ и $g_2(t)$.

Установление вида функции распределения наработки до внезапного отказа $g_1(t)$ является теоретически решенной задачей, которая по результатам экспериментальных исследований, испытаний и данным из сферы эксплуатации ЭРИ конкретных видов и типов может быть представлена в виде, удобном для практического применения [2]

$$\Lambda_1 = \sum_{i=1}^n \Lambda_1^{(i)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_j^i \lambda_{1(j)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_j^i \lambda_{\sigma(j)} \prod_{s=1}^r K_{s(j)}^i, \quad (7)$$

где $\Lambda_1^{(i)}$ – интенсивность отказов i -го комплектующего внутреннего блока, узла ЭРИ;

$\lambda_{1(j)}$ – интенсивность отказов компонента (элемента) j -того типа, применяемого в ЭРИ;

$\lambda_{\sigma(j)}$ – базовая интенсивность компонента (элемента) j -того типа в нормальных условиях эксплуатации;

δ_j^i – количество компонентов (элементов) j -того типа в i -том блоке, узле ЭРИ;

$K_{s(j)}^i$ – коэффициенты ($s = 1, 2, \dots, r$), учитывающие условия и режимы применения, качество изготовления, функциональное назначение и т.п. компонентов (элементов) j -того типа в i -том блоке, узле ЭРИ.

Плотность распределения наработки до внезапного отказа ЭРИ определяется как

$$g_1(t) = \Lambda_1 \exp(\Lambda_1 t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_j^i \lambda_{\sigma(j)} \times \prod_{s=1}^r K_{s(j)}^i \exp \left\{ - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_j^i \lambda_{\sigma(j)} \prod_{s=1}^r K_{s(j)}^i t \right\}. \quad (8)$$

Определение показателей безотказности сложных комплексированных ЭРИ с учетом параметрических отказов базируется на установлении вида плотности распределения наработки до отказа $g_2(t)$, которая в отли-

чие от функции $g_1(t)$ распределена, как правило, не по экспоненциальному закону. Об этом свидетельствуют многочисленные экспериментальные исследования и моделирование процессов развития параметрических отказов различных видов и типов таких изделий [3].

В процессе наработки ЭРИ в составе аппаратуры вследствие различных деградиционных процессов происходит постепенное изменение их технического состояния. Снижение значения определяющего (в случае, когда для изделия существует один интегральный показатель), либо нескольких определяющих (при наличии для изделия нескольких дифференциальных показателей) параметров до установленных в технической документации пределов приводит к их параметрическим отказам. Процесс изменения определяющих параметров ЭРИ характеризует физическую модель развития параметрических отказов, которая относится к типу «параметр – поле допуска» [4].

Поскольку цель исследования «параметрической надежности» состоит в нахождении распределения наработки до отказа $g_2(t)$, в модели развития параметрических отказов сложных ЭРИ хотя бы один из факторов должен рассматриваться как случайный процесс.

Как показывают исследования, в реальных условиях эксплуатации доминирующие составляющие, которые в наибольшей степени влияют на значения определяющих параметров-критериев годности ЭРИ, становятся функцией случайного аргумента t (времени наработки). Поэтому параметры-критерии годности ЭРИ также становятся зависимыми от времени, причем степень их изменения определяется жесткостью воздействующих факторов Ω_s , наработкой t и особенностями построения самих изделий. Таким образом, при наработке параметры-критерии годности ЭРИ представляют собой случайные процессы, что можно записать как

$$Z = Z(\Omega_s, t),$$

где Z – параметр-критерий годности ЭРИ конкретного вида и (или) типа, наиболее чувствительный к условиям эксплуатации и наработки данного изделия.

Критическое значение параметра-критерия годности $Z_{кр}$, которое также называется границей поля допуска, выбирается в соот-

ветствии с требованиями технической документации на изделие и конкретной аппаратуры, в которой оно применено. Пересечение случайным процессом $Z(\Omega_s, t)$ неслучайной величины $Z_{кр}$ порождает искомую для оценки «параметрической надежности» функцию.

Исходя из того, что в современных условиях производства ЭКБ (с учетом отлаженности и стабильности технологических процессов ее изготовления) существуют общие закономерности деградации внутренних параметров изделий, распределение вероятностей значений параметров-критериев годности ЭРИ по множеству однотипных изделий $f(Z)$ в момент времени $t_0 = 0$, как правило, близко к нормальному, а мера разброса случайной величины Z определяется стабильностью производства, то процесс $Z(\Omega_s, t)$ близок к случайному процессу диффузионного типа. В этом случае он может быть описан стохастическим дифференциальным уравнением [5]

$$dZ(\Omega_s, t) = m_t[Z(\Omega_s, t), t] dt + \sigma_t[Z(\Omega_s, t), t] dW_t,$$

где $m_t[Z(\Omega_s, t), t]$ – скорость изменения усредненного по множеству однотипных изделий значения $Z(\Omega_s, t)$ в момент времени t ;

$\sigma_t[Z(\Omega_s, t), t]$ – флуктуационная составляющая процесса $Z(\Omega_s, t)$ в момент времени t ;

dW_t – приращение в дифференциальном смысле флуктуационных изменений процесса $Z(\Omega_s, t)$;

W_t – одномерный винеровский процесс.

При переменных эксплуатационных режимах коэффициенты уравнения (9) $m_t[Z(\Omega_s, t), t]$ и $\sigma_t[Z(\Omega_s, t), t]$ зависят также от состава и степени жесткости внешних воздействующих факторов Ω_s . Кроме того, для этих коэффициентов выполняются следующие ограничения:

$$\left| m_t[Z_1(\Omega_s), t] - m_t[Z_2(\Omega_s), t] \right| + \left| \sigma_t[Z_1(\Omega_s), t] - \sigma_t[Z_2(\Omega_s), t] \right| \leq R \left| Z_1(\Omega_s) - Z_2(\Omega_s) \right|; \quad (10)$$

$$\left| m_t[Z(\Omega_s), t] \right| + \left| \sigma_t[Z(\Omega_s), t] \right| \leq R, \quad (11)$$

а также вероятность

$$P\{Z_0 \in [Z_{кр}, 1]\} = 1,$$

где R – некоторое положительное число;

$Z_0 = Z(0)$ – начальное значение параметра-критерия годности ЭРИ конкретных типов и видов в момент $t_0 = 0$.

С учетом ограничений (10) и (11) уравнение (9) имеет единственное решение вида

$$Z(\Omega_s, t) = Z_0 + \int_0^t m_i[Z(\Omega_s, \tau), \tau] d\tau + \int_0^t \sigma_\tau [Z(\Omega_s, \tau), \tau] dW_\tau. \quad (12)$$

Это уравнение полностью характеризует динамику изменения параметра-критерия годности изделия и развития параметрических отказов. Коэффициент $m_i[Z(\Omega_s, t), t]$, который называется коэффициентом сноса, определяет степень приближения среднего значения процесса $Z(\Omega_s, t)$ к уровню $Z_{кр}$ в зависимости от времени t . Коэффициент $\sigma_i[Z(\Omega_s, t), t]$ (коэффициент диффузии) характеризует меру разброса различных реализаций $Z_i(\Omega_s, t)$ со временем.

С использованием уравнения (12) проведено моделирование процесса наступления параметрических отказов различных групп ЭРИ нового поколения и получены наиболее часто встречающиеся на практике законы распределения наработки до параметрического отказа. В качестве примера в статье приведены некоторые из полученных аналитических выражений для определения вероятностей безотказной работы с учетом параметрических отказов ЭРИ в процессе наработки.

Распределение наработки до параметрического отказа подчинено нормальному закону

$$g_2(t) = \sigma^{-1} f_0[(t-T)/\sigma],$$

где T – средняя наработка до отказа, $T = T_{cp2}$; $f_0(\dots)$ – табулированная функция Гаусса.

Тогда

$$P_2(t) = 1 - \int_0^t \sigma^{-1} f_0\left[\frac{\tau-T}{\sigma}\right] d\tau.$$

Преобразуя это выражение, получаем $P_2(t) = 1 - \{F[(t-T)/\sigma] - F[T/\sigma]\}$,

где $F(\dots)$ – табулированная функция Лапласа.

Распределение наработки до параметрического отказа подчинено композиционному закону нормального и равновероятного

$$g_2(t) = (2L)^{-1} [F(X_1) - F(X_2)],$$

где $X_1 = (t + L - T)/\sigma$, $X_2 = (t - L - T)/\sigma$,

L – параметр составляющей равновероятного распределения.

Вероятность безотказной работы в этом случае равна

$$P_2(t) = 1 - (2L)^{-1} \{ (t-T) [F(X_1) + F(X_2)] + L[F(X_1) - F(X_2)] + T[F(X_4) - F(X_3)] - L[F(X_4) + F(X_3)] + \sigma [f_0(X_1) + f_0(X_2) - f_0(X_3) - f_0(X_4)] \},$$

где $X_3 = (L + T)/\sigma$; $X_4 = (L - T)/\sigma$.

Распределение наработки до параметрического отказа подчинено композиционному закону нормального и линейно-убывающего

$$g_2(t) = (2L)^{-1} \{ X_2 \sigma [F(X_2) - F(X_1)] + \sigma [f_0(X_2) - f_0(X_1)] \}.$$

Подставляя это выражение в уравнение (3), используя дополнительно выведенные математические соотношения и приводя подобные члены, получаем:

$$P_2(t) = 1 - (2L)^{-1} \{ 1/2 \sum_{j=0}^1 (-1)^j [(1-i)t^2 - ((-1)^j L + T)^2 - \sigma^2] F(X_5) + \sigma[(t+L+T) \times f_0(X_2) - (X_3 f_0(X_3) - X_1 f_0(X_1) + X_4 f_0(X_4)) \times \sigma] \} - (L+T)\sigma \sum_{j=0}^1 (-1)^j \sum_{i=0}^1 (-1)^i [X_5 F(X_5) + f_0(X_5)] + \sigma^2 [F(X_2) + F(X_3) - F(X_1) + F(X_4)],$$

где $X_5 = [(1-i)t - (-1)^j L - T]/\sigma$.

Подставляя полученные выражения, описывающие функции $g_2(t)$, $P_2(t)$, в соотношение (6), нетрудно найти интенсивность отказов $\Lambda_2(t)$.

Оценка надежности ЭРИ с учетом внезапных и параметрических отказов осуществляется на основе результатов, полученных при расчете показателей безотказности $g_1(t)$, $P_1(t)$, Λ_1 и $g_2(t)$, $P_2(t)$, $\Lambda_2(t)$.

Плотность распределения наработки до отказа $g(t)$ определяется согласно выражению (5). Для определения вероятности безотказной работы $P(t)$ за время t необходимо воспользоваться выражением (1) с учетом выполнения условия (2). Интенсивность отказов $\Lambda(t)$ определяется согласно формуле (6). Подставляя в это выражение формулы (1) и (6), получаем

$$\Lambda(t) = \Lambda_1 + \Lambda_2(t). \quad (13)$$

Ускоренную оценку безотказности ЭРИ методом прогнозирования развития параметрических отказов с учетом расчета показателей безотказности по внезапным отказам можно произвести на основе использования модели, описываемой выражением (12).

Случайный стохастический процесс изменения параметров-критериев годности ЭРИ $Z(\Omega_s, t)$ позволяет определить момент первого достижения им заданного уровня $Z_{кр}$, т.е. служит основой нахождения показателей безотказности ЭРИ. Момент первого достижения

процессом заданного уровня является случайной величиной τ , которая характеризуется:

–плотностью распределения моментов достижения реализациями $Z_i(\Omega_s, t)$ случайного процесса $Z(\Omega_s, t)$ уровня $Z_{кр}$, которая в рассматриваемом случае есть ничто иное, как плотность распределения наработки до параметрического отказа $g_2(t)$;

–математическим ожиданием, совпадающим со средней наработкой до параметрического отказа $M(\tau) = T_{cp2}$;

–среднеквадратическим отклонением $\sigma(\tau)$, которое определяется как

$$\sigma(\tau) = [M_2(\tau) - M^2(\tau)]^{1/2}, \quad (14),$$

где $M_2(\tau)$ – второй момент случайной величины τ , вычисляемый из рекуррентного соотношения [5]

$$M_2(\tau) = 4 \int_{\alpha}^x (x - y) M(y) dy + 4(x - \alpha)/(\beta - \alpha) \int_{\alpha}^{\beta} (\beta - y) M(y) dy, \quad (15)$$

где $\alpha = Z_{кр}$ – критическое значение параметра критерия годности ЭКБ;

$x = Z_0$ – исходное значение процесса $Z(\Omega_s, t)$ при $t=0$;

$\beta \geq 1$ – выбирается с учетом параметров реального процесса $Z(\Omega_s, t)$.

Преобразуя уравнение (12), получаем

$$M(\tau) = 2 \int_{\alpha}^x dt \int_x^{\beta} dy \int_t^y [B(t)B(y)/B(u)] du, \quad (16)$$

где

$$B(t) = \exp \left\{ \int_0^t \{ 2 m_u [Z(\Omega_s, u), u] / \sigma_u^2 [Z(\Omega_s, u), u] \} du \right\}. \quad (17)$$

Уравнение (16) является исходным при определении средней наработки до параметрического отказа T_{cp2} .

В результате проведенных исследований разработаны аналитические и статистические модели для наиболее часто встречающихся функциональных зависимостей коэффициентов сноса и диффузии, которые получены при испытаниях отдельных видов и типов сложных комплексированных ЭРИ.

В качестве примера представим материалы моделирования и вычислений, когда коэффициенты сноса и диффузии постоянны во времени. Тогда при $\Omega_s = const$ (режим испытаний) можно записать

$$m_i(t) = -k_1; \quad \sigma_i^2(t) = k_2.$$

Представим эти выражения в уравнение (17) и получаем

$$B(t) = \exp(-2k_1 t / k_2).$$

После подстановки этого выражения в уравнение (16) окончательное соотношение для определения T_{cp2} представляется в виде

$$T_{cp2} = k_2/k_1 [(\alpha - \beta) \exp(-2kx/k_2) + (\beta - x) \exp(-2k_1 \alpha/k_2) + (x - \alpha) \exp(-2k_1 \beta/k_2)] / [\exp(-2k_1 \alpha/k_2) - \exp(-2k_1 \beta/k_2)].$$

Найдем второй момент случайной величины τ . Для этого воспользуемся рекуррентным соотношением (15). Тогда с учетом аналитического выражения, описывающего T_{cp2} , опуская промежуточные вычисления, получаем

$$M_2(\tau) = 4 k_2/k_1 [\exp(-k\alpha) - \exp(-k\beta)]^{-1} \{ 1/k(\alpha + 1/k) [\beta \exp(-kx) - \alpha \exp(-k\alpha)] + 1/k(\alpha - \beta) [x \exp(-k\alpha) + 1/k \exp(-kx)] + 1/2(x^2 - \alpha^2) [\exp(-k\beta)(x + \alpha) - \exp(-k\alpha)(x + \beta)] + 1/3(x^3 - \alpha^3) [\exp(-k\alpha) - \exp(-k\beta)] + x(x - \alpha) \times [\beta \exp(-k\alpha) - \alpha \exp(-k\beta)] + (x - \alpha)/(\beta - \alpha) \times \{ 1/k^2(\alpha - \beta) [\exp(-k\beta) - \exp(-k\alpha)] - 1/k \exp(-k\alpha) (\alpha - \beta)^2 + 1/2(\beta^2 - \alpha^2) [(\alpha + \beta) \times \exp(-k\beta) - 2\beta \exp(-k\alpha)] + 1/3(\beta^3 - \alpha^3) \times [\exp(-k\alpha) - \exp(-k\beta)] + \beta(\beta - \alpha) [\beta \exp(-k\alpha) - \alpha \exp(-k\beta)] \},$$

где $k = 2k_1/k_2$.

По уравнению (14) с учетом выражений для T_{cp2} и $M_2(\tau)$ находится параметр $\sigma(\tau)$.

Для полученных аналитических соотношений разработаны и апробированы блок-схемы программного расчета средней наработки до отказа T_{cp2} и среднеквадратического отклонения случайной величины τ .

Полученные соотношения для определения (в том числе ускоренным методом) показателей безотказности при параметрических отказах, а также функции $g_2(t)$ путем описания реального процесса развития параметрических отказов ЭРИ по данным экспериментальных исследований и построения искомой плотности на границе пересечения смоделированным процессом заданного уровня являются основой расчета значений показателей $P_2(t)$ и $\Lambda_2(t)$.

Использование выражения (5) позволяет получить общую плотность распределения времени наработки до отказа $g(t)$ (с учетом внезапных и параметрических отказов), по которой в дальнейшем можно оп-

ределить значение Λ для любого заданного времени t .

Таким образом, получены математические модели и механизм расчета и прогнозирования показателей надежности сложных, в том числе комплексированных ЭРИ, которые позволяют дать оценку их безотказности на разных этапах разработки и начала производства и управлять процессом формирования унифицированных требований к эксплуатационным параметрам этих изделий.

Предложенный математический аппарат оценки, в том числе ускоренной, важнейшего эксплуатационного параметра функционально сложных ЭРИ на сегодня является научно обоснованным и практически апробированным инструментарием, позволяющим определить с высокой достоверностью пока-

затели безотказности современной электронной компонентной базы специального назначения.

Библиографический список:

1. Сотсков, Б.С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники / Б.С. Сотсков. – М.: Высшая школа, 1970. – 271 с.
2. Надежность электрорадиоизделий. Справочник / Под ред. А.А. Борисова. – М.: МО, 2006. – 623 с.
3. Домрачев, В.Г. Об оценке надежности цифровых преобразований угла с учетом метрологических отказов / В.Г. Домрачев, В.М. Исаев // Измерительная техника. – 1990. – № 9. – С. 7–15.
4. Дружинин, Г.В. Надежность автоматизированных систем / Г.В. Дружинин. – М.: Энергия, 1997. – 536 с.
5. Гихман, И.И. Введение в теорию случайных процессов / И.И. Гихман, А.В. Скороход. – М.: Наука, 1977. – 567 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ АБОНЕНТОВ СОТОВОГО ОПЕРАТОРА

А.В. ОБЛАКОВА, *асп. каф. математического моделирования экономических процессов Финансовой академии при Правительстве РФ,*

А.В. ТРЕГУБ, *доц. каф. высшей математики МГУЛ, канд. физ.-мат. наук,*

И.В. ТРЕГУБ, *доц. каф. математического моделирования экономических процессов Финансовой академии при Правительстве РФ*

tregub@mgul.ac.ru

По итогам последних лет рынок сотовой связи стал одним из крупнейших по величине инвестиционных вложений в России. Общая сумма инвестиций исчисляется миллиардами рублей. Дальнейшее развитие отрасли мобильных телекоммуникаций напрямую зависит от объема инвестиционных вложений компаний, оказывающих услуги сотовой связи. В настоящее время это приобретает особую значимость в связи с переходом современных технологий сферы сотовой связи на новый этап развития – сети третьего поколения (3-G сети), что потребует крупных инвестиций для замены технического оснащения и программного обеспечения.

Реализация инвестиционных проектов в сфере сотовой связи осуществляется в условиях неопределенности, поэтому качественно составленного бизнес-плана проекта может оказаться недостаточно для обоснования того, что инвестиционный проект при его

реализации в условиях высоко рискованной экономики России сможет обеспечить те эффективность и прибыльность, которые были запланированы в бизнес-плане.

В условиях неопределенности у инвестиционного проекта на рынке сотовой связи могут возникать несколько сценариев реализации. Одним из наиболее обоснованных современных подходов к анализу и оценке эффективности и рисков инвестиционных проектов является имитационное моделирование. Оно позволяет наиболее полно учесть и количественно оценить все риски, возникающие в процессе реализации инвестиционного проекта. Особенно актуальным применение имитационного моделирования для анализа эффективности и рисков инвестиционных проектов на рынке сотовой связи стало в условиях финансового кризиса, охватившего как Россию, так и другие страны мира.

Для использования имитационного моделирования в инвестиционном анализе проектов, относящихся к сфере услуг сотовой связи, необходимо выявить основные особенности данной отрасли в России, а также возможные пути развития рынка сотовой связи.

Сотовая связь является одним из наиболее значимых открытий двадцатого века, несмотря на все многообразие технических изобретений этого периода. Сфера мобильных телекоммуникаций является чрезвычайно интересной для исследования экономистами, и причин, объясняющих этот интерес, существует несколько.

Рынок мобильных телекоммуникаций является одним из наиболее динамично развивающихся как в России, так и во всем мире. Число пользователей мобильными услугами во всем мире растет огромными темпами. В 90-х годах двадцатого века число пользователей сотовой связью росло на 50 % ежегодно [3]. В начале двадцатого века стало ясно, что мобильные телекоммуникации являются наиболее распространенным средством доступа к телекоммуникационным услугам.

В России сотовая связь начала внедряться с 1990 г. и уже на этапе зарождения обладала существенной особенностью: развитие сотовой связи в России началось с опозданием примерно в десять лет по сравнению с ведущими странами, что позволило, пропустив стадию эволюционного развития, сразу использовать последние мировые технические достижения и решения, доказавшие свою эффективность.

Современная стадия развития российского рынка сотовой связи также обладает рядом отличительных особенностей. Прежде всего стоит отметить, что доминирующее положение в отрасли занимают три федеральных оператора: МТС, Вымпелком и Мегафон, на долю которых, по данным *Jon and Partners*, приходится примерно 82 % общей абонентской базы.

Вместе с тем отличительной чертой российского рынка сотовой связи является высокий уровень конкуренции, который в последние годы приводил к постоянному снижению тарифов. В настоящее время повышать конкурентные преимущества сотовых операторов за счет применения более низких

тарифов стало уже практически невозможно. Число абонентов прирастает за счет перехода клиентов от одного оператора к другому, поэтому сотовые операторы начинают ориентироваться на отдельные рыночные сегменты и локальные группы потребителей мобильной связи. На данном поле конкуренции нет явных границ, и все зависит только от изобретательности, таланта и фантазии маркетологов компаний, оказывающих сотовые услуги.

Другим направлением развития конкуренции можно назвать расширение спектра предоставляемых услуг, что особенно актуально на современном этапе развития сотовой связи, характеризующимся появлением сетей третьего поколения (3G). Отличительная черта сетей 3G – высокая скорость передачи данных, которая как раз и позволит сотовым операторам предлагать своим клиентам новые услуги из числа ранее недоступных, например видеозвонки и высокоскоростной доступ в Интернет.

Другой важнейшей особенностью рынка является дальнейшая региональная ориентация сотовых операторов. Это связано с тем, что рынки Москвы, Санкт-Петербурга, Московской и Ленинградской областей уже сформированы: по данным Министерства связи РФ, по итогам 2007 г. уровень проникновения мобильной связи составил 178 % в Москве и Московской области и 156 % в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. В регионах данный показатель значительно ниже: в целом по России он составляет порядка 120 %. Кроме того, на рынке сотовой связи будут продолжаться слияния и поглощения. Новые небольшие региональные операторы уже вряд ли появятся, так как незанятых частот во многих регионах практически не осталось. Получить частоту можно либо на прямом аукционе, либо поглотив работающего оператора. В обоих случаях это по силам только компаниям со значительными финансовыми ресурсами.

В настоящее время актуальным становится вопрос о прогнозировании числа абонентов сотовой связи, решение которого далее будет рассмотрено на примере одного из сотовых операторов «большой тройки». Для этого были зафиксированы данные по числу абонентов сотового оператора поквартально за 2005–2007 гг., представленные в таблице.

	1 кв. 05	2 кв. 05	3 кв. 05	4 кв. 05	1 кв. 06	2 кв. 06	3 кв. 06	4 кв. 06	1 кв. 07	2 кв. 07	3 кв. 07	4 кв. 07
Число абонентов, млн чел.	30,25	34,09	38,87	44,22	45,84	48,04	49,99	51,22	51,5	52,7	54,4	57,4

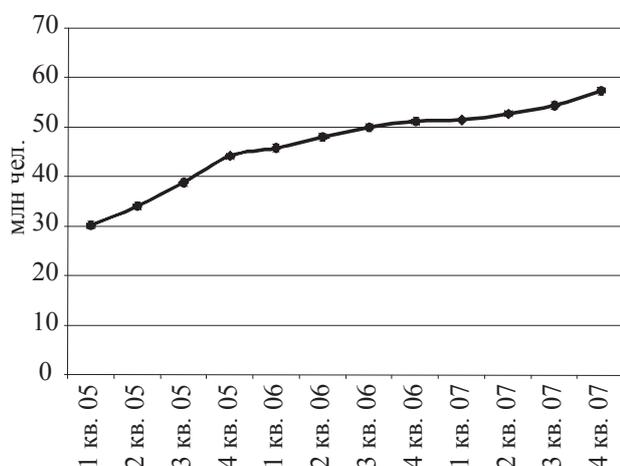


Рисунок. Динамика числа абонентов сотового оператора

График динамики числа абонентов представлен на рисунке.

1. Логарифмическая модель динамики абонентов

Осуществив графический анализ динамики числа абонентов, предположим, что наиболее точно количество абонентов можно будет описывать при помощи логарифмического тренда.

В общем виде логарифмический тренд выражается уравнением

$$V_t = a_0 + a_1 \ln(t) + e_t,$$

где a_0, a_1 – оцениваемые параметры;

e_t – случайная ошибка.

Параметры данной модели можно оценивать с применением метода наименьших квадратов (МНК). Для оценки модели в качестве обучающей выборки будем рассматривать первые 11 значений, последнее наблюдаемое значение включим в контролируемую выборку.

В результате оценивания модели с помощью МНК спецификация модели имеет вид

$$V_t = 28,68 + 10,61 \ln(t) + e_t, \quad (0,7939) \quad (0,4556) \quad (1,0735). \quad (1)$$

Адекватность построенной модели проверим с помощью тестов.

1. Значимость коэффициентов регрессии

Значимость коэффициентов регрессии оценивается с помощью t -критерия. Выдвигается гипотеза $H_0: a_0 = 0$. Далее рассчитывается t -статистика

$$t_0 = a_0 / \tilde{s}_{a_0} = 23,28.$$

Зададимся уровнем значимости в 5 % и по таблице t -распределения со степенями свободы $\nu_1 = N - (k+1) = 9$ найдем критическое значение $t_{\text{крит}} = 1,833$. Так как $t_{\text{крит}} < t_0$, то гипотеза H_0 отвергается и подтверждается значимость коэффициента a_0 .

Аналогичная проверка осуществляется для коэффициента a_1 : $t_1 = 36,13 > t_{\text{крит}} = 1,833$. Следовательно, гипотеза $H_0: a_1 = 0$ отвергается и подтверждается значимость коэффициента a_1 . Таким образом, оба коэффициента являются значимыми.

Для обоснования возможности применения МНК необходимо осуществить проверку гипотез теоремы Гаусса-Маркова, являющихся необходимыми условиями того, что оценки, полученные при помощи метода наименьших квадратов, состоятельны.

2. Тестирование случайных остатков модели

Согласно теореме Гаусса-Маркова случайные остатки модели должны быть гомоскедастичны, т.е. дисперсия выборки должна быть постоянной. Для проверки данной гипотезы применяют тест Голдфелда-Квандта, который заключается в следующем: все наблюдения упорядочиваются по возрастанию предопределенной переменной. Затем оцениваются две вспомогательные регрессии: в первую входят N' первых наблюдений, где N' удовлетворяет неравенству, предложенному в [1]

$$(k+1) < N' < N/2,$$

где $(k+1)$ – число оцениваемых коэффициентов регрессии;

N – число наблюдений.

Далее вычисляются величины ESS_1 и ESS_2 для первой и второй вспомогательных выборок соответственно

$$ESS_1 = \sum_{i=1}^{N'} e_i^2,$$

$$ESS_2 = \sum_{i=N'+1}^N e_i^2.$$

Затем вычисляется статистика Голдфельда-Квандта (*GF*-статистика)

$$GF = \frac{ESS_1}{ESS_2}.$$

По таблице *F*-распределения со степенями свободы: $v_1 = N' - (k + 1)$ и $v_2 = (N - N') - (k + 1)$ определяется величина $F_{крит}$. Предпосылка о гомоскедастичности ошибок считается адекватной, если справедливы оба следующих неравенства

$$\begin{cases} GQ \leq F_{крит} \\ GQ^{-1} \leq F_{крит} \end{cases}.$$

Для рассматриваемого логарифмического тренда, построенного на основе 11 наблюдений, первая вспомогательная регрессия строится для 5 наблюдений

$$V_t = 28,96 + 10,12 \cdot \ln(t) + e_t \\ ESS_1 = 8,54.$$

Вторая вспомогательная регрессия строится по оставшимся 6 наблюдениям

$$V_t = 31,18 + 9,5 \cdot \ln(t) + e_t \\ ESS_2 = 0,84. \\ GQ = 10,19; \\ GQ^{-1} = 0,098$$

Значение $F_{крит}$ для степеней свободы $v_1 = 3$ и $v_2 = 4$ и 99%-ой вероятности равно 16,69, следовательно, гипотеза о гомоскедастичности ошибок принимается.

3. Отсутствие автокорреляции ошибок

Для проверки данной гипотезы используется тест Дарбина-Уотсона или *DW*-критерий. Проверяется гипотеза H_0 : автокорреляция ошибок первого порядка отсутствует. Пусть была оценена модель регрессии и найдены ошибки $e_i, i = 1, \dots, N$, тогда *DW*-статистика рассчитывается так, как это предложено в [2]

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^N (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^N e_i^2}.$$

Значение данной статистики лежит в интервале от 0 до 4. В случае отсутствия

автокорреляции ошибок равно примерно 2, в случае положительной автокорреляции – смещается в меньшую сторону, в случае отрицательной автокорреляции – смещается в большую сторону.

– Гипотеза H_0 принимается, если $d_U \leq DW \leq 4 - d_U$;

– Гипотеза H_0 отвергается в пользу положительной автокорреляции, если $DW < d_L$;

– Гипотеза H_0 отвергается в пользу отрицательной автокорреляции, если $DW > 4 - d_L$;

– Вопрос остается открытым, если $d_L \leq DW < d_U$ или $4 - d_U < DW \leq 4 - d_L$.

Для имеющейся выборки размером 11 и одном параметре регрессии значения d_U и d_L равны $d_L = 0,927$; $d_U = 1,324$. Для исследуемого уравнения регрессии значения *DW*-статистики получилось равным 1,9308. Это значение попадает в интервал $d_U < DW < 4 - d_U$, что говорит о справедливости гипотезы H_0 .

4. Качество спецификации модели

Следующим тестом, который необходимо провести, является тест на качество спецификации. Для этого выдвинем основную гипотезу H_0 о совершенно плохом качестве спецификации модели: $a_1 = 0$. Для проверки этой гипотезы вычисляется величина

$$F = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / (n - (k + 1))},$$

где $k + 1$ – количество коэффициентов регрессии;

n – объем выборки;

R^2 – коэффициент детерминации.

Коэффициент детерминации для построенной модели равен 0,9837, что говорит о достаточно хорошей объясняющей способности включенных в модель переменных.

Величина *F* для построенной модели равна 541,83 и имеет *F*-распределение со степенями свободы $v_1 = k = 1$ и $v_2 = n - (k + 1) = 9$. Задавшись 5%-м уровнем значимости, определим значение $F_{крит}$ по таблице *F*-распределение со степенями свободы $v_1 = 1$ и $v_2 = 9$: $F_{крит} = 5,12$, следовательно, $F_{крит} < F$, что говорит о необходимости отвергнуть гипотезу H_0 и сделать вывод о хорошей спецификации модели.

Выполнив основные тесты для проверки адекватности модели, можно осуществить прогноз числа абонентов на основе построенной модели, а также проверить адекватность прогноза.

Подставив значение из контролирующей выборки в оцененное уравнение регрессии, получим прогнозируемое значение числа абонентов сотового оператора для следующего периода времени: $V_{12} = 55,035$ млн человек.

Для проверки адекватности прогноза построим доверительный интервал $[y_0^-, y_0^+]$, задавшись 99 %-ной вероятностью. Границы доверительного интервала определяются по формуле

$$y_0^- = \tilde{y}_0 - t_{крит} \cdot S_{\tilde{y}_0};$$

$$y_0^+ = \tilde{y}_0 + t_{крит} \cdot S_{\tilde{y}_0}.$$

Доверительный интервал выглядит следующим образом: $[51,76; 58,4]$, то есть он с вероятностью 99 % накрывает значение 57,4 из контролирующей выборки, что говорит об адекватности оцененной модели.

Таким образом, построенная модель динамики абонентов сотового оператора (1) является адекватной и пригодной для прогнозирования.

2. Логистическая модель динамики абонентов

Кроме логарифмического тренда следует также рассмотреть вариант логистической функции

$$V_t = \frac{k}{1 + b \cdot e^{-at}},$$

где a, b, k – параметры, которые необходимо оценить.

Преимуществом логистического тренда является то, что он обладает горизонтальной асимптотой. Другие виды трендов устремляются в бесконечность с ростом t . При анализе и прогнозировании числа абонентов именно это преимущество является исключительно важным, так как рано или поздно на рынке сотовой связи наступит предел насыщения в отношении увеличения числа абонентов, что может быть отражено с помощью применения логистической функции.

Другой важной особенностью логистической функции является ее нелинейность

относительно оцениваемых параметров a, b, k , что приводит к нелинейности системы уравнений, получаемых при использовании МНК. Для решения такой системы можно применять лишь итеративные численные методы, однако в [1] описывается подход Г.Готтелинга, основанный на использовании дифференциального уравнения логистической функции. В результате некоторых преобразований для оценивания неизвестных параметров можно прийти к следующей зависимости

$$\Delta V_t = a \cdot V_t + (-a/k) \cdot V_t^2 + u_t,$$

где u_t – белый шум.

К этому уравнению можно непосредственно применять метод наименьших квадратов и получить оценки a и $-a/k$. Затем можно будет получить оценку k .

Оценку параметра b можно получить с помощью метода моментов, описанного в [1], согласно формуле

$$b \cdot e^{-at} = (k/V_t) - 1,$$

следовательно, $\ln b = a \cdot t + \ln((k/V_t) - 1)$ и с помощью метода моментов получаем

$$\ln b = \frac{1}{T} \cdot \left(a \cdot \frac{T \cdot (T+1)}{2} + \sum_{t=1}^T \ln \left(\frac{k}{V_t} - 1 \right) \right).$$

Итак, применим изложенную процедуру оценивания параметров логистического тренда на имеющихся данных о динамике числа абонентов сотового оператора. В качестве контролирующей выборки оставляем первое наблюдаемое значение.

На основе метода наименьших квадратов получим следующие оценки указанной ранее статистической зависимости. Спецификация модели при этом имеет вид

$$\Delta V_t = 0,2677 \cdot V_t - 0,004 \cdot V_t^2 + u_t$$

$$(0,099) (0,0019) (1,467). \quad (2)$$

Следовательно, параметры логистической функции будут равны соответственно $a = 0,2677; b = 0,877; k = 60,56$.

Далее по схеме, описанной на примере логарифмического тренда, оценим адекватности модели и правомерность использования МНК.

1. Значимость коэффициентов

Оценим с помощью теста Стьюдента значимость коэффициентов. Для этого вы-

двинем основную гипотезу $H_0: a_1 = 0$. Далее рассчитывается t -статистика

$$t_1 = a_1 / \tilde{s}_{a_1} = 2,69.$$

Зададимся уровнем значимости в 1 % и по таблице t -распределения со степенями свободы $v_1 = N - (k+1) = 8$ найдем критическое значение $t_{\text{крит}} = 1,86$. Так как $t_{\text{крит}} < t_1$, то гипотеза H_0 отвергается и подтверждается значимость коэффициента a_1 .

Аналогичная проверка осуществляется для коэффициента a_2 : $t_2 = 2,26 > t_{\text{крит}} = 1,86$. Следовательно, гипотеза $H_0: a_2 = 0$ отвергается и подтверждается значимость коэффициента a_2 .

2. Тестирование случайных остатков модели

Для оцениваемой модели, построенной на основе 10 наблюдений, первая вспомогательная регрессия строится для 5 наблюдений.

$$\Delta V_t = 0,3853 \cdot V_t - 0,0067 \cdot V_t^2 + u_t \\ ESS_1 = 6,99.$$

Вторая вспомогательная регрессия строится по оставшимся 5 наблюдениям.

$$\Delta V_t = 0,0065 \cdot V_t - 0,0003 \cdot V_t^2 + u_t \\ ESS_2 = 1,59; \\ GQ = 4,38; \\ GQ^{-1} = 0,23$$

Значение $F_{\text{крит}}$ для степеней свободы $v_1 = 2$ и $v_2 = 2$ и 95 %-ной вероятности равно 19, следовательно, гипотеза о гомоскедастичности ошибок принимается.

3. Отсутствие автокорреляции ошибок

Для имеющейся выборки размером 10 и двух параметров регрессии значения d_U и d_L равны: $d_L = 0,697$; $d_U = 1,641$. Для исследуемого уравнения регрессии значения DW -статистики получилось равным 1,25, что попадает в интервал $d_L < DW < d_U$, что говорит о невозможности сделать вывод ни об отсутствии автокорреляции остатков, ни о наличии автокорреляции.

4. Качество спецификации

Следующим тестом, который необходимо провести, является тест на качество спецификации. Для этого выдвинем основную гипотезу H_0 о совершенно плохом качестве спецификации модели: $a_1 = a_2 = 0$.

Коэффициент детерминации для построенной модели равен 0,7784, что говорит о достаточно хорошей объясняющей способности включенных в модель переменных.

Величина F для построенной модели равна 14,05. Задавшись 5 %-м уровнем значимости, определим значение $F_{\text{крит}}$ по таблице F -распределение со степенями свободы $v_1 = 2$ и $v_2 = 8$: $F_{\text{крит}} = 4,46$, следовательно, $F_{\text{крит}} < F$, что говорит о необходимости отвергнуть гипотезу H_0 и сделать вывод о хорошей спецификации модели.

Выполнив основные тесты для проверки адекватности модели, можно осуществить прогноз числа абонентов на основе построенной модели, а также проверить адекватность прогноза.

Подставив значение из контролирующей выборки в оцененное уравнение регрессии, получим прогнозируемое значение числа абонентов сотового оператора для следующего периода времени: $\Delta V_1 = 3,84$.

Для проверки адекватности прогноза построим доверительный интервал $[y_0^-, y_0^+]$, задавшись 95 %-ной вероятностью. Доверительный интервал выглядит следующим образом $[-5,29; 6,896]$, то есть он с вероятностью 95 % покрывает значение 3,84 из контролирующей выборки, что говорит об адекватности оцененной модели.

Итак, на основе имеющихся данных о динамике числа абонентов одного из ведущих сотовых операторов России были построены две прогнозных модели. Первая из них основывалась на логарифмическом тренде, вторая – на логистической функции. Достоинствами логарифмического тренда являются простота оценки параметров модели, более высокое значение коэффициента детерминации, говорящее о большей объясняющей способности модели. Однако в качестве недостатка предложенной модели логарифмического тренда можно назвать тот факт, что она не учитывает постепенную насыщаемость рынка. Этот недостаток преодолевается в модели, построенной на основе логистической функции, в соответствии с которой с определенной долей условности можно сделать вывод о том, что предел на-

сыщения услугами сотовой связи настанет примерно к концу 2013 г., когда сотовому оператору будет уже практически невозможно увеличивать свою абонентскую базу. Вместе с тем, процедура оценивания коэффициентов модели является более сложной по сравнению с моделью логарифмического тренда, а также коэффициент детерминации существенно ниже, чем в первой модели.

Выбор модели для прогнозирования числа абонентов зависит от множества факторов, включая особенности ретроспективных данных, временные и финансовые ресурсы, которыми обладает аналитик и прочее. Од-

нако несомненным является тот факт, что прогнозирование числа абонентов является неотъемлемой частью анализа при оценке эффективности и рисков инвестиционных проектов на рынке сотовой связи.

Библиографический список

1. Бышев, В.А. Введение в эконометрию. Ч. 2. / В.А. Бышев. – М.: Финакадемия, 2003.
2. Трегуб, И.В. Математические модели динамики экономических систем / И.В. Трегуб. – М.: Финакадемия, 2009.
3. Harald Gruber. The economics of mobile telecommunications. Cambridge University Press, New York, 2005.

О СБОРЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА

А.Г. ЦАРЕВ, *асп. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ*

science4me@mail.ru

С момента распространения Интернета по всему миру появилось и быстро развивается новое направление коммерческой деятельности – электронная коммерция. Конкуренция в электронном бизнесе постоянно растет, одновременно с этим усложняется структура и увеличиваются объемы наполнения интернет-магазинов. Увеличение объемов информации несет большую проблему – невозможность ее обработки традиционными, привычными для человека способами визуального анализа [1]. Пользователям становится сложнее ориентироваться, находить и выбирать то, что необходимо. Это особенно актуально для крупных интернет-магазинов. Поэтому задача удовлетворения потребностей конечного пользователя становится наиболее важной и вместе с тем сложной. До недавнего времени эти проблемы решали только путем улучшения навигации и механизмов поиска в интернет-магазинах.

В настоящее время большую популярность приобретают интернет-магазины, реализующие персональный подход к каждому пользователю. Эффективность такого подхода во многом зависит от того, насколько точно и полно собранные данные

характеризуют потребности пользователя. В работе рассматриваются вопросы сбора данных об интересах и поведении пользователей в контексте их применения в системе персонализации, а также описывается разработанный автором модуль сбора пользовательских данных (МСПД), интегрированный в систему персонализации интернет-магазина.

Постановка задачи

В работе поставлены следующие подзадачи:

- **определить** набор пользовательских данных, необходимых персонализации интернет-магазина;
- **выявить** подходящее средство сбора пользовательских данных для его использования в системе персонализации интернет-магазина.

Набор пользовательских данных, необходимых для персонализации

Основная задача любого средства сбора пользовательских данных состоит в сборе данных, посредством которых система персонализации могла бы эффективно выполнять возложенные на нее функции.

Выделим этапы работы системы персонализации, предшествующие представлению данных конечному пользователю, и на их основе определим необходимые для сбора данные:

- 1) идентификация пользователей;
- 2) идентификация сеансов;
- 3) анализ потребности пользователей;
- 4) анализ поведенческих характеристик пользователей.

Для идентификации пользователей используют IP-адреса устройств приема-передачи данных и Cookie-идентификаторы – небольшие фрагменты информации, хранящиеся на клиентских машинах [2]. Использовать указанные параметры необходимо совместно, так как возможны ситуации, когда их применение по отдельности может привести к неверной идентификации [3]:

- несколько пользователей на один IP-адрес;
- несколько IP-адресов у одного пользователя;
- один пользователь использует различные браузеры. В таком случае каждому браузеру будет присвоен свой Cookie-идентификатор.

В целях повышения достоверности идентификации можно использовать дополнительную информацию, например программное обеспечение пользователя (агент) [3].

Следующий этап – это идентификация сеансов доступа. В качестве наиболее распространенного способа идентификации сеанса применяется принцип на основе ограничений по времени между интервалами обращений пользователя к серверу [9]. Обычно интервал составляет от 20 до 30 минут. Если пользователь совершил обращение по истечении заданного интервала, то считается, что обращение принадлежит новому сеансу. Таким образом, для идентификации сеансов необходимо фиксировать дату и время обращений.

Анализ потребностей пользователей различается в зависимости от применяемого подхода к фильтрации информации [4, 10].

– Контентная фильтрация. Данный подход основан на оценке релевантности страниц сайта потребностям пользователя

[5]. Персонализация данных осуществляется по данным текущего пользователя без учета опыта аудитории сайта.

– Совместная фильтрация. Данный подход основывается на анализе обращений и сведений, полученных от всей аудитории сайта, в том числе конечного пользователя [5]. Стоит заметить, что в совместной фильтрации не учитывается текстовое наполнение страниц сайта.

Несмотря на отличия, существующие подходы объединяет использование URL-адресов страниц, к которым обращались пользователи. Для контентной фильтрации характерно использование URL-адресов, к которым обращался конечный пользователь, а для совместной фильтрации характерно использование URL-адресов всей аудитории сайта.

Обычно осуществляется сбор URL-адресов двух типов: страницы, к которой обратились (реквест), и страницы, с которой произошло обращение (реферер).

Анализ характеристик поведения пользователей проводится на основе временных наблюдений (время посещения страницы, продолжительность сеанса и т.д.), а также интерфейсных индикаторов (ввод данных в поля форм сайта, положение полосы прокрутки и т.д.). Временные наблюдения являются более надежными и простыми в реализации, так как могут быть полностью выполнены на стороне сервера.

Таким образом, для функционирования системы персонализации необходимо обеспечить сбор и хранение пяти типов пользовательских данных:

- IP-адреса компьютера;
- Cookie-идентификатора клиента;
- даты и времени обращения пользователя;
- адреса страницы, к которой обратился пользователь;
- адреса страницы, из которой произошло обращение пользователя.

Стоит отметить, что указанные данные достаточны только при совместной фильтрации. Для контентной фильтрации, помимо указанного набора данных, необходимо обеспечить связь URL-адресов с содержанием соответствующих страниц сайта.

Выбор средства сбора пользовательских данных

В настоящее время в интернете существует два общепринятых средства сбора пользовательских данных [6]:

- внешний счетчик;
- встроенные инструменты Веб-сервера.

Внешний счетчик представляет собой специальный скрипт, который загружается на стороне клиента одновременно с загрузкой странички веб-сайта и передает на сервер статистики информацию об этой загрузке [6]. Услуги пользования внешними счетчиками предоставляют специальные статистические сервисы, такие как Spylog, TopMail, Hotlog, LiveInternet и т.д. В рамках поставленной задачи внешние счетчики имеют существенные недостатки:

- невозможность беспрепятственного обращения к статистическим данным;
- ограниченная разработчиками функциональность;
- возможность отключения или частичного ограничения сбора данных пользователем сайта посредством настроек браузера.

Более надежным средством сбора статистических данных считаются встроенные инструменты Веб-сервера. На сегодняшний день практически все Веб-серверы предоставляют возможность ведения и администрирования протокола обращений пользователей к сайту. Данные обо всех обращениях записываются в обыкновенный текстовый файл (лог-файл). Однако и этот способ непригоден для использования в системе персонализации ввиду большой трудоемкости обработки лог-файла и ограниченной функциональности.

Подходящим решением поставленной задачи может быть разработка и использование МСПД. Данное средство представляет собой скрипт, который сохраняет сведения о загрузке страницы в собственную базу данных интернет-магазина. Недостатки таких счетчиков зависят от квалификации разработчиков и выделенных на нее ресурсов. По сравнению с традиционными средствами МСПД имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- возможность беспрепятственного обращения к статистическим данным;
- возможность сбора нетрадиционных данных;
- хранение данных в наиболее удобном для обработки виде.

В соответствии с методом сбора данных МСПД можно разделить на две группы [7]:

- использующие активное профилирование;
- использующие пассивное профилирование.

Активное профилирование предполагает сбор личных сведений у пользователя посредством прямого ввода данных: анкетирования и опросов. Обычно осуществляется сбор следующих данных:

- личные сведения о пользователе (пол, возраст, место проживания и т.д.);
- интересующая тематика и информация (указание рубрик, поисковые запросы и т.д.);
- предпочитаемые настройки интерфейса.

В идеальном варианте, когда пользователь готов ответить на все вопросы, активное профилирование может эффективно справиться с задачей фильтрации информации. Однако на практике лояльное поведение пользователя – это большая редкость. Часто пользователи вводят неверную информацию о себе и пренебрегают заполнением анкет и настраиванием интерфейса [8]. Желание пользователей – найти необходимую информацию за наименьший промежуток времени без лишних усилий.

В отличие от активного, пассивное профилирование не обременяет пользователя вводом какой-либо информации и ведет сбор данных скрытно и незаметно для него. Это наиболее продвинутый и сложный способ составления портрета пользователя [7]. Пассивное профилирование может осуществляться как на стороне сервера, так и в связке сервер–клиент. Благодаря пассивному профилированию стало возможным отслеживание изменений интересов и динамики поведения пользователей.

Очевидно, что формирование пользовательской модели на основе одного вы-

бранного метода малоинформативно и недостаточно для эффективной персонализации. Целесообразно использовать совокупность пассивного и активного профилирования, причем в основе такого гибрида должно лежать пассивное профилирование, так как в таком случае уменьшается вероятность предоставления пользователем неверной или некорректной информации.

Модуль сбора данных о поведении и интересах пользователей, интегрированный в систему персонализации интернет-магазина

Разработанный МСПД использует пассивное и активное профилирование и ориентирован на контентно-совместный подход к фильтрации информации. Основная нагрузка по сбору данных ложится на пассивное профилирование. Незаметно для пользователя фиксируются его перемещения по интернет-магазину, заказанные товары, дата и время обращений, поисковый запрос, если пользователь обратился к интернет-магазину через поисковую систему. Активное профилирование используется только при сборе поисковых запросов к форме поиска интернет-магазина.

Ожидания при анализе интересов и потребностей пользователя связаны с собранными URL-адресами обращений пользователей. В том виде, в каком они передаются на сервер, URL-адреса неинформативны и пригодны только для использования в совместной фильтрации, так как в таком случае не требуется семантического анализа поступивших на вход данных. Однако, кроме названия домена и имени файла, анализ URL-адресов может выявить важные сведения о потребностях пользователей.

– Модель среднесрочных интересов. Среднесрочные интересы пользователей проявляются в каждом конкретном сеансе [5] и могут быть определены на основе извлечения поискового запроса из реферрера, если пользователь обратился к интернет-магазину из поисковой системы.

– Модель краткосрочных интересов. Краткосрочные интересы могут меняться при каждом новом обращении пользователя к

странице интернет-магазина и определяются по тексту ссылок, к которым произошло обращение, заголовку, содержанию и информационному типу просмотренных страниц (новости, обзоры, описание товаров, заказ товара и т.д.) на основе анализа реक्веста.

Помимо этого в URL-адреса гиперссылок всех блоков внедрены специальные идентификаторы, позволяющие определить блок, с которого произошел переход.

В связи с высокими ожиданиями от собранных URL-адресов предъявляются повышенные требования к идентификации сеансов. Так, в процессе эксплуатации описываемого модуля был выявлен существенный недостаток традиционного способа идентификации сеансов на основе IP-адреса и Cookie-идентификатора. При первом обращении нового пользователя к странице интернет-магазина на сервер передается только IP-адрес. Cookie-идентификатор в данном случае можно получить только при следующем обращении к серверу. Как было указано в работе, IP-адрес при новом обращении может измениться, тогда первая страница реального сеанса выпадает из идентифицированного, что недопустимо. Для решения данной проблемы в базе данных была создана таблица пользователей, в которой генерируются Cookie-идентификаторы пользователей. Если пользователь обратился в интернет-магазин первый раз, то есть у него нет Cookie, то сначала в таблице пользователей осуществляется запись нового пользователя, далее значение порядкового номера записи присваивается Cookie-идентификатору и передается в механизм регистрации обращений и браузеру клиента. При разрешении клиентом использовать Cookie-идентификаторы изложенный способ гарантирует верную идентификацию сеанса.

Для анализа поведения пользователей кроме временных используются интерфейсные наблюдения – уровень просмотра страницы. Для этого осуществляется сбор следующих параметров:

- высота рабочей области экрана;
- высота документа в браузере;
- максимальная глубина прокрутки при просмотре страницы.

Посредством интерфейсных наблюдений предполагается проводить оценку значимости востребованных страниц и корректировать соответствующим образом профиль пользователей.

В качестве программной платформы системы персонализации в целом и МСПД в частности был выбран язык клиентских сценариев JavaScript, язык серверных сценариев PHP в связке с базой данных MySQL. Такой выбор обусловлен большой распространенностью, высокой производительностью, удобством и простотой использования указанной среды. МСПД функционирует в составе системы персонализации товарных предложений двух интернет-магазинов: krug.ru и aldera.ru. На основе получаемой информации проводится исследование интересов пользователей и поиск факторов, влияющих на их поведение.

Минимальный набор данных, необходимых для персонализации:

- IP-адрес компьютера;
- Cookie-идентификатор клиента;
- дата и время обращения пользователя;
- адрес страницы, к которой обратился пользователь;
- адрес страницы, из которой произошло обращение пользователя.

Для сбора пользовательских данных в системе персонализации интернет-магазина целесообразно использовать МСПД, сохраняющий всю полученную информацию в базу данных интернет-магазина.

Для персонализации целесообразно использовать как пассивное, так и активное профилирование, причем в основе такого метода должно лежать пассивное профилирование.

МСПД осуществляет сбор минимального набора данных, а также данных, характеризующих взаимодействия пользователей с интерфейсом интернет-магазина:

- высота рабочей области экрана;
- высота документа в браузере;

– максимальная глубина прокрутки при просмотре страницы.

МСПД функционирует в составе системы персонализации товарных предложений двух интернет-магазинов: krug.ru и aldera.ru.

На основе получаемой информации проводится исследование интересов и поведения пользователей интернет-магазинов.

Библиографический список

1. Тенденции развития интеллектуальных информационных систем в сети Интернет // Интеллектуальные технологии в образовании, экономике и управлении: Сборник статей 2 Международной конференции. – Воронеж, 2005. – С. 197–198.
2. Лаура Томсон. Разработка web-приложений на PHP и MySQL: Пер. с англ. 2-е изд., испр./ Лаура Томсон, Люк Веллинг. – СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2003. – С. 265–266.
3. Щедрин, А. Основы извлечения знаний из Internet / А. Щедрин // Открытые системы. – 2003. – № 04.
4. Новичихин, А.В. К вопросу об эффективности и проблемах при построении моделей оптимизации Web-сайтов / А.В. Новичихин // Материалы VI Всероссийской объединенной конференции IST/IMS-2003. – Воронеж: ВГУ, 2003.
5. Зайцев, И.Б. Адаптивные гипермедиа издания, интегрированные в Интернет: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. / Зайцев Илья Борисович. – М.: РГБ, 2005. – С. 37.
6. Место статистики в онлайн-продвижении. URL: http://mediainform.com.ua/rus/forreklama-articles/cat_452-items_143-mode_full-sp_20.html 13/06/2007.
7. Бунин, О. Персонализация сайтов / О. Бунин // Мир интернет. – 2001. – № XII(62).
8. О персонализации веб-сайта. URL: <http://www.webmascon.com/topics/development/16a.asp> 13.06.2007.
9. Cyrus Shahabi, Farnoush Banaei-Kashani. «A Framework for Efficient and Anonymous Web Usage Mining Based on Client-Side Tracking», Department of Computer Science, Integrated Media Systems Center, University of Southern California, USA, 2001.
10. Herlocker J., Konstan J., Borchers A., and Riedl J. An algorithmic framework for performing collaborative filtering. // In Proceedings of the 22 nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, pages 230-237, 1999.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАССТАНОВКИ ПОСТОВ БИОМОНИТОРИНГА

И.М. ЯННИКОВ, *первый заместитель начальника ГУ МЧС России по Удмуртской республике, канд. техн. наук,*

М.В. ТЕЛЕГИНА, *доц. каф. автоматизированных систем обработки информации и управления Ижевского ГТУ, канд. техн. наук*

mari_tel@mail.ru

«**О**сновами государственной политики в области обеспечения безопасности населения Российской Федерации и защищенности критически важных и потенциально опасных объектов от угроз техногенного, природного характера и террористических актов» предусмотрено создание систем мониторинга опасных объектов для своевременного обнаружения и предотвращения, а также оценки и прогнозирования последствий выбросов (вылива) в окружающую среду отравляющих веществ и продуктов их деструкции.

Комплексный экологический мониторинг потенциально опасных химических объектов (ПОХО) призван решить одну из важных задач – выявление характера развития ситуации на объекте по имеющейся информации для поддержки принятия управленческих решений. На наш взгляд, наиболее высокий уровень экологического контроля и мониторинга окружающей среды создан на объектах по уничтожению химического оружия (УХО) в рамках Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» в силу высокой специфичности указанных объектов, уникальной приборной и методологической базы, а также специального характера решаемых проблем по контролю и мониторингу отравляющих веществ и продуктов из деструкции в окружающей среде. Нарботанная методологическая база на объектах УХО может и должна быть использована на всех потенциально опасных химических объектах.

В ряде субъектов Российской Федерации, где размещены указанные объекты, в том числе и в Удмуртской Республике, создана и действует многоуровневая система контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Однако она не может дать полных гарантий обеспечения безопасности окружающей сре-

ды при работе потенциально опасного объекта и, следовательно, методы функционирования системы контроля и методы осуществления мониторинга нуждаются в дополнении и совершенствовании [7].

Цель биомониторинга как части комплексного мониторинга объекта – это оценка и контроль влияния ПОХО на окружающую природную среду в зоне защитных мероприятий с использованием биологических объектов-индикаторов.

Задача размещения постов

В целях организации системы биологического мониторинга в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) и санитарно-защитной зоне (СЗМ) объекта должны быть выбраны и оборудованы посты биомониторинга в конкретных природных экосистемах на локальных участках исследуемой территории, на которых будет осуществляться контроль состояния индикаторных биологических объектов в режиме периодических наблюдений.

Пост биомониторинга – участок природной экосистемы, на котором периодически проводятся наблюдения за состоянием биологических объектов и/или осуществляется отбор биологических проб для лабораторного анализа [1]. При выборе местоположения постов биологического мониторинга необходимо учитывать следующие особенности экосистемной организации территории:

- разнообразие типов природных экосистем, их относительное количество;
- степень антропогенной трансформации природных экосистем;
- наличие других источников воздействий;
- скорость распространения и характер природной трансформации эффектов воздействий объекта;

- доступность конкретных участков для наблюдения;
- наличие особо охраняемых территорий;
- выбор стандартов сравнения.

Классическая система пробоотбора с точками пробоотбора, расположенными по двадцати четырем румбам, учитывает выброс веществ и их перемещение только воздушным путем [3]. Несомненным достоинством данной системы является совмещение принципа репрезентативности выбора точек с требованиями обеспечения корреляции расчетных моделей. Однако данная схема обладает существенными недостатками. В частности, не учитываются особенности рельефа, растительности, почвы и типов материнской породы. И как следствие при большом количестве расставленных постов эффективность их использования невелика, так как заведомо в точках пробоотбора вероятность нахождения продуктов деструкции будет незначительна.

Использование экологических полигонов для стандартов сравнения

С целью биологического контроля качества окружающей среды в ЗЗМ производственного объекта информация о параметрах биоиндикаторов, получаемая в процессе биомониторинга и отражающая текущее состояние природных экосистем, оценивается на соответствие стандартам, которые характеризуют это состояние как приемлемое (допустимое, нормальное). В качестве стандарта для сравнения выбирается «эталон» – ее состояние в прошлом до появления новых воздействий.

Для формирования эталонов биоиндикаторов, а также для экспериментального изучения трансформации природных объектов и биологических систем целесообразно создание в пределах ЗЗМ/СЗЗ объекта экологического идентификационного полигона научно-исследовательского, научно-технического и прикладного назначения. Создание экологических полигонов необходимо, потому что подавляющее большинство суперэкоотоксикантов являются нестабильными и в природных условиях существуют

непродолжительное время, разрушаясь под действием ряда физических факторов окружающей среды и вступая во взаимодействие с компонентами природных вод, почвы, живыми организмами [1, 3]. Поскольку функции воздействия отравляющих веществ и продуктов их деструкции носят нелинейный характер, только в условиях полигона, при условии постановки «острых» полевых экспериментов, возможно определение зависимостей «доза–эффект» и «время–реакция» и моделирование сценариев развития ситуации на объекте. С применением полигона возрастает оперативность получения данных с учетом поправок на возможность приспособления биологических объектов (адаптация, компенсация) к техногенному воздействию с нарастанием интенсивности действия во времени [4, 6, 7].

Основные функции экологического идентификационного полигона:

- изучение трансформации (реакции, особенностей и скорости самовосстановления, пределов насыщения, порогов воздействия) экологических (природных и техногенных) и экосоциальных систем под влиянием поллютантов и продуктов их превращений;
- разработка схем и систем многоступенчатого комплексного экологического мониторинга;
- выявление спектра видов животных и растений – индикаторов, аккумуляторов и деструкторов по каждому конкретному поллютанту;
- разработка схем, систем и конкретных технологий ремедиации и рекультивации земель, подвергшихся трансформации, по каждому поллютанту или комбинации воздействий.

Структура экспертной геоинформационной системы расстановки постов биомониторинга

Размещение постов биомониторинга требует комплексного подхода, так как должны быть учтены и критерий равномерности размещения пунктов, и особенности ландшафта, в частности рельефа и лесорастительных условий, минимума антропогенного «шума» – хозяйственной деятельности,

промышленного техногенеза, дорог с интенсивным движением, плотной застройки. Для учета всех параметров и максимальной эффективности необходимо автоматизировать процесс размещения постов биомониторинга. В то же время для учета всех критериев необходима выработка правил экспертного анализа для принятия решений по редактированию расставленных постов биомониторинга. То есть при определенном типе растительности, типе почвы и значении уклона рельефа анализ в данной точке может быть вообще нецелесообразен, тогда данный пост необходимо либо исключить из списка, либо переместить в соответствии с правилами (ниже по рельефу на определенный тип растительности). Поэтому необходима система, имеющая функции автоматизированной расстановки постов и функции экспертного анализа для их дальнейшего редактирования.

Такие данные, как рельеф, тип почвы и материнской породы, тип растительности, являются геоинформацией местности. При автоматизированной обработке картографической информации необходимо специализированное программное обеспечение, поддерживающее соответствующие формы цифрового представления информации и позволяющее оперировать ею в целях решения разнообразных задач анализа. Системы такого рода получили название географических информационных систем (ГИС). ГИС содержит данные о пространственных объектах (пространственные данные) в виде их цифровых представлений, объединенных в набор слоев, образуя информационную модель предметной области – территории, а также набор операций, определяющих функциональные возможности ГИС и реализующих информационные технологии программными средствами [1, 2].

ГИС являются хорошей средой для внедрения методов искусственного интеллекта и экспертных систем. Это вызвано, с одной стороны, разнообразием и сложностью данных в ГИС, с другой – наличием большого числа экспертных задач при использовании ГИС. Для реализации системы расстановки постов разработана экспертная геоинформационная система (ЭГИС), от-

носящаяся к типу ЭГИС, решающих задачи всестороннего анализа атрибутивных и картографических данных для управления и принятия решений [6].

Система состоит из базы данных, блока картографической информации, блока расстановки пунктов, блока построения буферных зон, блока анализа положения точек, базы правил, блока принятия решений по смещению точек и блока визуализации картографической и табличной информации. Структура системы приведена на рис. 1.

Цифровые карты местности и база атрибутивных данных. В компьютерном картографировании электронные (или цифровые) карты являются весьма эффективным средством хранения пространственной информации. Одним из базовых принципов организации данных является принцип послойной организации информации. Он обладает очевидной наглядностью и хорошо соотносится с приемами традиционной картографии. Происходит деление объектов на слои. Объекты, отнесенные к одному слою, образуют некоторую логическую единицу данных. Объекты, входящие в один слой, могут собираться в один файл, иметь отдельную от других слоев атрибутивную.

В данной системе используются слои растительности, населенных пунктов, речной сети, почв, рельефа. Каждому объекту в слое приписаны соответствующие атрибуты – данные. Структура таблиц (списков) для каждого слоя индивидуальна. В табл. 1 приведена структура списка слоя «Почва» для Камбарского района Удмуртской Республики.



Рис. 1. Структура системы автоматизированной расстановки постов биомониторинга

Структура таблицы слоя «Почва»

Код	Тип почвы	Почвообразующие породы
7	Аллювиальные болотные иловато-торфяно-гелеевые	Частая смена по глубине и площади пород различного состава с преобладанием суглинков и глин
13	Аллювиальные дерновые кислые	Частая смена по глубине и площади пород различного состава с преобладанием супесей и песков
15	Дерново-сильнопodzолистые	Песчаные
16	Аллювиальные дерновые кислые	Частая смена по глубине и площади пород различного состава с преобладанием суглинков и глин
20	Смытые и намывные почвы оврагов, болот и прилегающих склонов	Супесчаные
21	Дерново-сильнопodzолистые	Легкосуглинистые
22	Аллювиальные иловато-торфяные	Торф, ил
24	Дерново-сильнопodzолистые	Супесчаные
25	Дерново-сильнопodzолистые	Легкосуглинистые

Входной информацией блока расстановки постов является необходимое количество постов. Для начала на предварительно выбранном участке (отмечаются границы участка) эксперт в интерактивном режиме отмечает точки, где размещение постов обязательно. При этом учитываются и уже существующие пункты государственного экологического мониторинга, и особенности местности, и закономерности процессов стока в ландшафтах, неоднородности почвенно-растительного покрова. Далее осуществляется с помощью триангуляции Делоне автоматическая расстановка недостающего количества постов. Исходными точками для треугольников служат точки обязательного пробоотбора, расставленные экспертом, а также вспомогательные точки по углам изображения.

Общее количество расставляемых точек можно регулировать, что обеспечивает учет заданной плотности и регулярности расставленных постов для достоверного отображения данных с применением методов пространственной интерполяции по измеренным данным.

Блок построения буферных зон предназначен для возможности исключения антропогенного «шума» при расстановке постов. Буферная зона – это площадная зона вокруг объекта. Размер зоны может быть фиксирован или меняться в зависимости от характеристик объекта (площадь объекта, степень антропогенной нагрузки и т.д.). Например,

более 10 метров от дороги, более 5 метров от строений и т.д.

В блоке анализа положения постов биомониторинга происходит анализ данных местности (слоев карт), куда попали расставленные посты.

В первую очередь необходимо проанализировать области, где взятие проб нецелесообразно или невозможно. Необходимо выделить те объекты (или слои), попавшие на которые точки исключаются. В качестве таких объектов выступают слой гидрографии, буферные зоны определенных объектов и т.д. Посты, попадающие в области, где взятие проб нецелесообразно или невозможно, исключаются из анализа. При необходимости посты, попадающие в буферные зоны объектов, можно сместить автоматически за край зоны по направлению от центра объекта.

Далее анализируются тип растительности, почвы и значения крутизны ската (слой рельефа) по атрибутивным данным для каждого расставленного поста. Именно по совокупности этих данных определяются правила автоматического редактирования размещения постов биомониторинга.

В исходном виде электронная карта рельефа поверхности местности представляет собой нерегулярную сеть отметок высот. Для определения параметров уклона каждой расставленной точки необходимо предварительно провести триангуляцию сети отметок высот и в итоге получить сеть треугольников, соединяющих отметки высот [1].

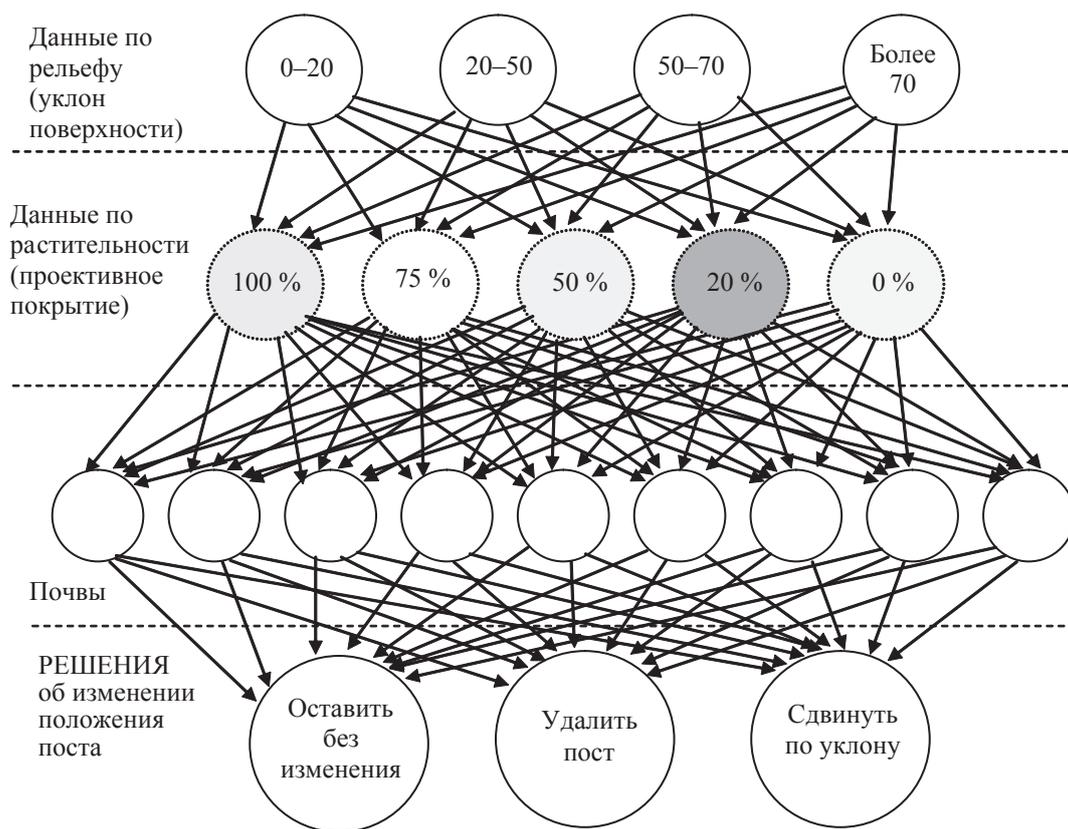


Рис. 2. Представление правил в виде графа

	Уклон	Вид почв	Тип растительности	Действие	Редактирование	Удаление
1	15-30	Лес (подлесок, отсы...	дерново-сильнопоп...	Разместить пункт		
2	45-60	Гарь	аллювиальные дер...	Сместить пункт		

Рис. 3. Окно редактирования базы правил смещения постов биомониторинга

В базе правил системы должны храниться условия редактирования положения постов в зависимости от типов растительности и почвы и значений крутизны ската, представляющие собой набор правил, определяемых экспертом. Решениями по редактированию размещения постов являются: удаление поста, оставление без изменения и смещение по направлению ската до начала объекта в слое «Растительность». Схематично правила можно представить в виде модели графа (рис. 2), где каждому уровню соответствует вид анализируемых данных. Считается, что реализация знаний в виде программного продукта с

помощью правил относительно недорогая, но структура ЭС при этом получается жесткой, внесение изменений и поправок оказывается сложным и неэффективным [6]. С другой стороны, хотя поверхностные представления не позволяют формировать суждения и концепции, с их помощью можно находить решения эмпирически ассоциированных проблем. Для возможности изменения структуры системы, правил анализа и принятия решений по смещению поста в разрабатываемой системе предусмотрена гибкая изменяемая база правил принятия решений. Для этих целей создано окно диалога редактирования базы правил (рис. 3).



Рис. 4. Пример карты анализируемой местности с расставленными постами

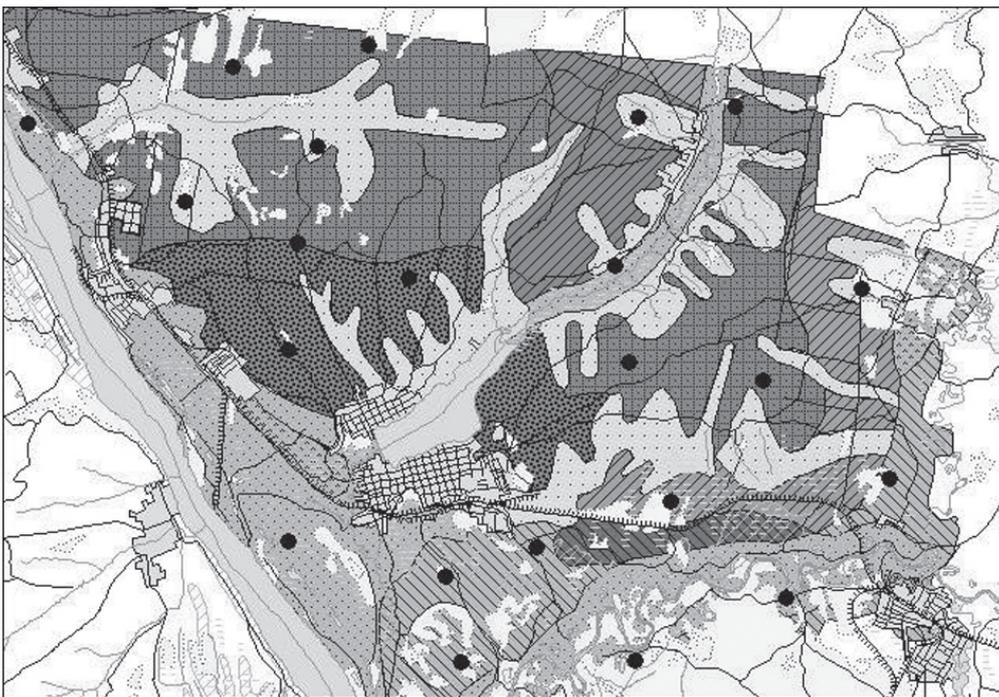


Рис. 5. Пример смещения постов биомониторинга в соответствии с правилами

Значения уклона задаются в виде интервала значений. Предусмотрено внесение новых данных по типам растительности и почв, а также добавление новых параметров для анализа положения постов.

Блок принятия решений по смещению точек учитывает рельеф, растительность и попадание пункта в буферную зону объектов.

На рис. 4. показан пример карты анализируемой местности с расставленными постами биомониторинга. Расставлено 23 поста биомониторинга.

На рис. 5 приведен пример смещения постов биомониторинга в соответствии с правилами. Слои растительности и рельефа при анализе учтены, но в данных примерах не отображены в виду перекрытия слоев карты

местности. Исключено 3 поста, попавших на объекты гидрографии, оставлены на месте расстановки 7 постов. Смещены 13 постов биомониторинга по направлению снижения уровня рельефа до начала объекта слоя «Растительность».

По окончании процедуры смещения точек происходит сохранение географических координат расставленных пунктов пробоотбора биологических объектов и печать таблицы точек с координатами. Необходимо отметить реализованный автоматический анализ расположения постов на присутствие последних во всех экосистемах данной местности (лесные, луговые, водные) в заданных пропорциях, что обеспечивает требование репрезентативности системы пробоотбора.

Таким образом, разработанная экспертная геоинформационная система автоматизированного размещения пунктов постов биомониторинга обладает возможностями:

- пользователю-непрограммисту вести диалог на естественном языке и применять методы визуализации информации для эффективного использования ЭВМ и решения задач расстановки постов мониторинга;

- решения нового класса задач – анализа пространственных и атрибутивных картографических данных для проблем биомониторинга;

- решения сложных вопросов из-за многообразия анализируемой информации и длительности обычного решения.

В разработанной системе учтены основные требования проектирования системы пробоотбора, такие как репрезентативность, обеспечение заданной плотности и регулярности, учет особенностей растительности, рельефа, почвы и материнских пород.

Разрабатываемая система позволит максимально формализовать принятие решений по размещению постов биомониторинга и будет являться неотъемлемой частью системы биомониторинга потенциально опасных химических объектов. Несомненным достоинством системы является комплексный подход к учету всех особенностей ландшафта и автоматизация процесса. Данный подход к расстановке постов может быть применен не только при расстановке постов биомони-

торинга, но и при мониторинге почв сильнозагрязненных территорий в процессе их рекультивации.

Совместное применение ГИС-технологий и методов экспертного анализа позволит ставить и решать новые задачи анализа картографической и атрибутивной информации в системах поддержки принятия решений в разнообразных областях человеческой деятельности.

Библиографический список

1. Телегина, М.В. Структура системы автоматизированной расстановки пунктов биомониторинга потенциально опасных объектов / М.В. Телегина, И.М. Янников, В.В. Евдокимовский и др. // Мониторинг природных экосистем. Всероссийская научно-практическая конференция: сборник статей. – Пенза: РИО ПГСХА, 2008. – С. 200–203.
2. Телегина, М.В. Применение ГИС-технологии в обеспечении безопасности объекта уничтожения химического оружия (ОУХО) / М.В. Телегина, И.М. Янников, В.В. Евдокимовский и др. // Материалы 1 всероссийской научно-технической конференции «Современные информационные технологии в деятельности органов власти «ИНФОРТЕХ-2008». – Курск, 2008. – С. 57–58.
3. Чупис, В.Н. Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития / В.Н. Чупис // Теоретическая и прикладная экология. – 2007. – № 2. – С. 35–41.
4. Янников, И.М. Информационные технологии обработки данных биомониторинга объекта уничтожения химического оружия / И.М. Янников, М.В. Телегина // Труды конференции семинара «Теория управления и математическое моделирование». – Ижевск, 2008. – С. 47–50.
5. Янников, И.М. Выявление спектра травянистых растений перспективных в качестве фитомелиорантов / И.М. Янников, Т.Г. Габричидзе, Т.Л. Зубко и др. // Вестник ИжГТУ. – 2007. – № 2. – С. 138–140.
6. Янников, И.М. Экспертно-аналитическая система биомониторинга объекта уничтожения химического оружия / И.М. Янников, М.В. Телегина // Труды международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'08) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2008). Научное издание в 4 т. – М.: Физматлит, 2008. – Т. 2. – С. 14–16.
7. Янников, И.М. Новые подходы к организации контроля загрязнений и аварийных выбросов в районах размещения объектов по хранению и уничтожению химического оружия / И.М. Янников // Проблемы урбанизированных территорий. – 2008. – № 2. – С. 106–109.

ПРОГНОЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКЛАМЫ В ЭКОНОМИКЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОИЗВОДСТВА МЕБЕЛИ

В.М. БУГАКОВ, ректор ВГЛТА, канд. техн. наук,

В.С. ПЕТРОВСКИЙ, каф. автоматизации производственных процессов ВГЛТА, д-р техн. наук

bvm@vglta.vrn.ru

Результативность рекламы определяется количеством откликов покупателей, которые приобрели соответствующие виды мебели на определенную сумму.

Пусть предприятие использует i -видов рекламы ($i = 1, n$), на очередной месяц затрачивается по каждому виду рекламы определенная сумма финансовых средств x_i и объем продаж B_i , вычисляются коэффициенты эффективности каждого вида рекламы b_i

$$b_i = B_i / x_i \quad (1)$$

Получается целевая функция управления рекламной деятельностью, максимизирующая, например, месячный объем продаж мебели (B) от действия рекламы [1]

$$B = \sum_{i=1}^n b_i x_i \rightarrow \max. \quad (2)$$

С учетом ограничений:

1. Сумма квартальных затрат на все виды рекламы не должна превышать лимита (A) на рекламу

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq A, x_i \geq 0, \quad (3)$$

$x_i = 0$, если нет отклика на этот вид рекламы.

2. Известны минимальные затраты на разовую рекламу i -го вида $x_{i \min}$

$$x_i \geq x_{i \min}.$$

Так определяются наиболее результативные 1–2 вида разовой рекламы, динамическая идентификация которых дает возможность прогнозировать изменение последующего спроса на изделия в течение очередного месяца [1].

1. Как показал опыт реализации мебели, при значительной разовой затрате денежных средств на результативную рекламу в объеме (x_i) обычно спрос на товары (y) в начальный период будет быстро увеличиваться, потом достигает максимума и после чего происходит более медленный спад спроса новых покупателей от действия этой рекламы, что показано на рис. 1. В этом проявляется

влияние дифференцирующих форсирующих свойств рекламы на спрос изделий [1, 2].

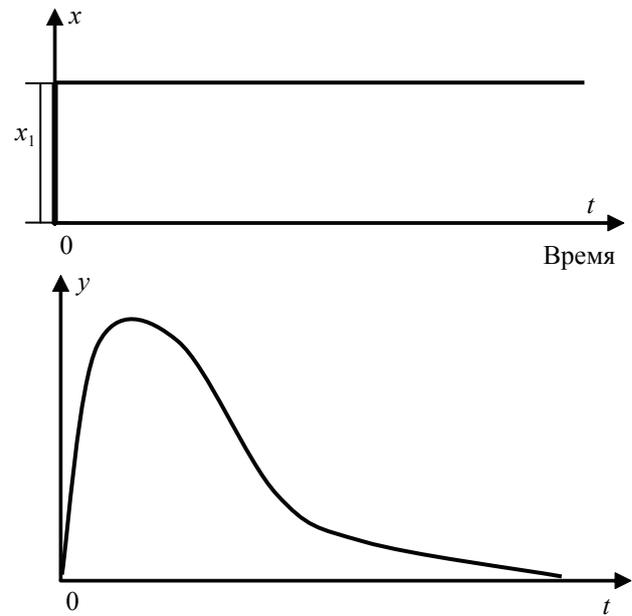


Рис. 1. Влияние разового расхода денежных средств (x_i) для результативного вида рекламы на изменение спроса на виды мебели (y) новыми покупателями

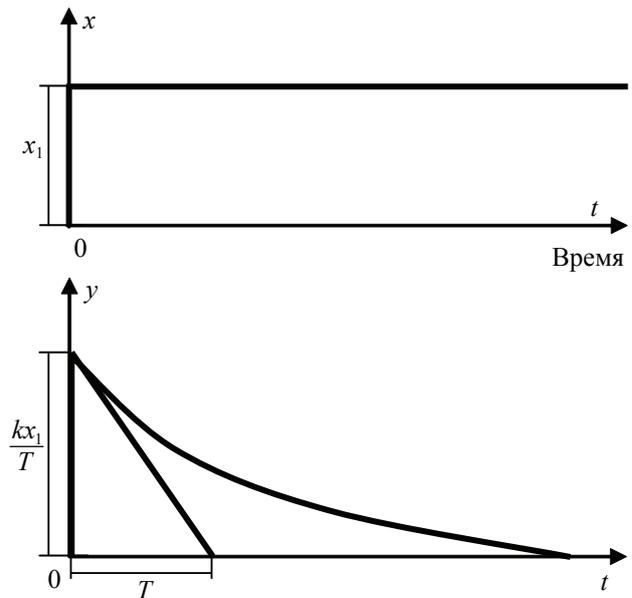


Рис. 2. Динамика реакции выручки за мебель (y) от новых покупателей, появившихся после разовых затрат (x_i), на результативный вид рекламы

Эту закономерность реакции спроса мебели новых покупателей на внезапное появление разовой результативной рекламы с некоторой погрешностью можно идентифицировать графиком на рис. 2.

2. Непрерывную кривую реакции спроса мебели новых покупателей от разовой затраты денежных средств на результативный вид рекламы (рис. 2) можно достаточно адекватно идентифицировать уравнением (4) изменения по времени величины выручки (y) от новых покупателей

$$y = \frac{kx_1}{T} e^{-\frac{t}{T}}, \quad (4)$$

где t – время в днях после появления разовой результативной рекламы;

x_1 – величина затрат на разовую результативную рекламу;

T – постоянная времени, при которой ежедневная выручка от новых покупателей по сравнению с пиком их спроса, сократится в 2,73 раза;

k – коэффициент чувствительности, результативности проведенной рекламы, при котором в пик спроса на мебель от новых покупателей получается наибольший объем продаж на 1 руб. затрат на рекламу.

Анализ уравнения (4) показывает:

а) при $t < 0$, $x_1 = 0$, $y = 0$;

б) при $t = 0$, $x_1 = \text{const}$, $y = kx_1 / T$;

в) при $t = T$, $x_1 = \text{const}$, $y = kx_1 / 2,73T$;

г) при $t \rightarrow \infty$, $x_1 = \text{const}$, $y \rightarrow 0$, то есть при $t \rightarrow \infty$ действие проведенной разовой результативной рекламы потеряло влияние на привлечение новых покупателей мебели.

Уравнение (4) представляет собой сумму общего и частного решения исходного дифференциального уравнения вида (5) [3]

$$T(dy / dt) + y = k(dx / dt). \quad (5)$$

А это уравнение и есть уравнение дифференцирующего, форсирующего инерционного процесса действия разовой результативной рекламы на изменение спроса рекламируемой мебели новыми покупателями. Следовательно, дифференциальное уравнение (5) можно вполне обоснованно рассматривать как динамическую модель математической идентификации реакции спроса новыми покупателями на мебель по времени или вы-

ручки по времени (y) от величины затрат на разовую результативную рекламу (x_1).

Передаточная функция $W(S)_p$ рассматриваемого рекламного динамического процесса экономики реализации мебели имеет вид

$$W(S)_p = Y(S) / X_1(S) = kS / (TS + 1); \quad (6)$$

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)

$$A(\omega) = \frac{k \cdot \omega}{\sqrt{T^2 \omega^2 + 1}}; \quad (7)$$

Фазово-частотная характеристика (ФЧХ)

$$\phi(\omega) = + \pi/2 - \arctg T\omega. \quad (8)$$

В начальном диапазоне низких частот внешних воздействий на дифференцирующее форсирующее рекламное звено экономики реализации мебели его реакция в частотной области дает предваряющий, опережающий по фазе результат, $\phi(\omega) \approx + \pi/2$. Это замечательное свойство дифференцирующих, форсирующих звеньев, процессов широко используется в решении задач повышения запасов устойчивости систем автоматического управления различной физической природы [3].

Так как результативная, чувствительная реклама мебели, в сущности, обладает дифференцирующими, форсирующими свойствами, то ее использование в экономике реализации продукции, очевидно, позволяет повысить запас финансовой устойчивости мебельного производства. Это явление рассмотрим более подробно.

3. Исследование влияния результативной рекламы мебели на повышение запаса финансовой устойчивости предприятия при задержках платежей за реализуемую оптом мебель. I. Принимаем торговую наценку на мебель 1,2, то есть коэффициент передачи $k_T = 1,2$. Поступивший на базу товар реализуется не сразу, но вся поступившая партия товара будет реализована, пусть через 1,5 месяца, то есть постоянную времени инерционности реализации будем считать около 0,5 месяца. Следовательно $T_T = 0,5$. Оптовая база закупила партию мебели на сумму Q_1 по цене изготовителя. Через 1,5 месяца партия мебели была реализована на сумму Q_2 , то есть $Q_2 = k_T \cdot Q_1 = 1,2Q_1$. Динамику реализации этой партии мебели, без затрат на рекламу, можно с некоторой динамической погрешностью идентифицировать дифференциальным уравнением (9)

$$T_T(dQ_2 / dt) + Q_2 = kT \cdot Q_1, \quad (9)$$

или

$$0,5(dQ_2 / dt) + Q_2 = 1,2 \cdot Q_1. \quad (10)$$

Передаточная функция этого процесса

$W(S)$ будет иметь вид

$$W(S) = Q_2(S) / Q_1(S) = 1,2 / (0,5S + 1), \quad (11)$$

или

$$Q_2(S) = (1,2 / (0,5S + 1)) \cdot Q_1(S).$$

Частотная передаточная функция (амплитудно-фазово-частотная характеристика АФЧХ) реализации мебели без запаздывания платежей от покупателей ($\tau = 0$) будет равна

$$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = (1,2 / (0,25\omega^2 + 1)) - j(0,6\omega / (0,25\omega^2 + 1)). \quad (12)$$

$$\text{АЧХ: } A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)}; \quad (13)$$

$$\text{ФЧХ: } \phi(\omega) = -\arctg(V(\omega) / U(\omega)). \quad (14)$$

Если будут задержки платежей за реализуемую партию мебели на время (τ), то $A(\omega)$ не изменится, а $\phi(\omega)$ будет с дополнительным отрицательным фазовым сдвигом и примет выражение

$$\phi(\omega) = -\arctg(V(\omega) / U(\omega)) - \omega\tau. \quad (15)$$

Определим допустимое время запаздывания ($\tau_{кр}$) поступления денежных средств за реализованную партию мебели. В координатах $jV(\omega)$, $U(\omega)$ построим АФЧХ функции реализации мебели (рис. 3) для частот $\omega = 0; 0,01; 0,1; 0,2; \dots; \infty$.

На рис. 3 кривая I – это АФЧХ процесса реализации мебели без расходов на рекламу. Для этой АФЧХ частота среза $\omega_{cl} = 1,3$ 1/мес, запас устойчивости по фазе $\gamma_1 = 147^\circ$, запас устойчивости по амплитуде $a = 1$. Запас по фазе в радианах $\gamma = 2,56$ рад. Определим критическое время запаздывания ($\tau_{кр}$) поступления денежных средств за оформленную на продажу покупателям партию мебели, но оставленную на хранение на предприятии.

То есть нужно определить максимально допустимое время запаздывания оплаты на всю партию закупленной, оформленной на продажу мебели: $\tau_{кр1} = \gamma_1 / \omega_{cl} = 2,56 / 1,3 = 1,97$ мес. Расчет достаточно соответствует реальности, так как $3T_T = 1,5$ мес., а $\tau_{кр1} = 2$ мес.

Если время фактического запаздывания оплаты за партию мебели (τ) будет больше ($\tau_{кр1}$), $\tau > \tau_{кр}$ то запас финансовой устойчивости реализации мебели исчезнет за счет затрат на хранение, охрану и появятся убыт-

ки. При частоте входных воздействий $\omega = 0$, $A(0) = 1,2$. Это значит, что $Q_2 = 1,2 \cdot Q_1$, или $Q_2 / Q_1 = 1,2$. Товар базой был приобретен у товаропроизводителей на сумму Q_1 , и при его реализации планировалось получить торговую прибыль 20 %, т.е. $k_T = 1,2$. Но если за мебель после оформления ее продажи денежные средства Q_2 поступят через $\tau_{кр1} = 1,97$ месяца, то за это время расходы на хранение, реализацию мебели будут в данном примере проведены за счет коэффициента k_T , который на момент поступления денежных средств будет равен не $k_T = 1,2$, а фактически будет равен $k_T = 1,0$.

Следовательно, через 1,97 мес. после оформления продажи партии мебели поступят денежные средства оплаты, при этом $Q_2 = Q_1$, т.е. никакой торговой прибыли с данной партии товара длительного пользования на этой операции не будет.

Если $\tau > \tau_{кр}$, то коэффициент передачи, коэффициент торговой наценки фактически будет $k_m < 1$, тогда коммерческая операция с данной партией мебели станет просто убыточной.

Мебельная компания заинтересована в увеличении объемов реализации изделий в значительно большем объеме и не одному, а многим оптовым покупателям. Для решения этой задачи компания должна реализовать результативную рекламу рассматриваемого товара длительного пользования.

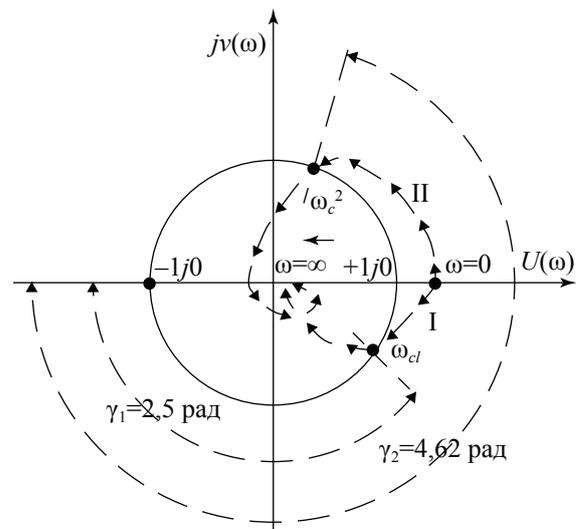


Рис. 3. Амплитудно-фазово-частотная характеристика процесса реализации мебели: I – без рекламы, II – с результативной форсирующей рекламой

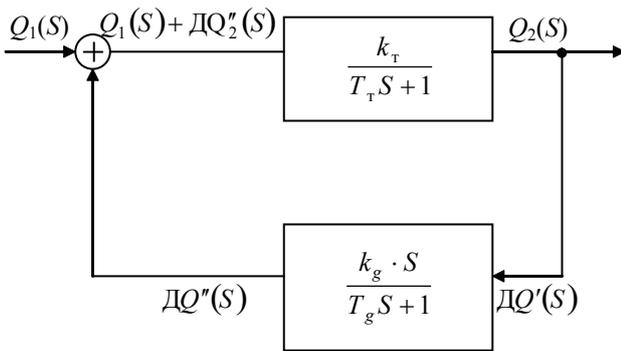


Рис. 4 Динамическая структура реализации мебели ($k_T / (T_g S + 1)$) с форсирующей рекламой $k_g \cdot S / (T_g S + 1)$

4. Вернемся к п.1. Сделана результативная реклама мебельных изделий, которая пусть на 1 руб. затрат на рекламу обеспечила увеличение выручки на 50 руб., т. е. $k_g = 50$. Пусть для примера постоянная времени спада спроса на мебель после его пика будет $T_g = 0,2$ мес. (см. уравнения (4, 5, 6)). Реклама проходит по времени параллельно с реализацией изделий и представляет собой наиболее идентичную реальным последствиям спроса на мебель от новых покупателей форсирующую передаточную функцию (6).

$$W(S)_p = k_g \cdot S / (T_g S + 1).$$

Тогда, с учетом появления разовой результативной рекламы, структура реализации мебели, в том числе ряду новых оптовых покупателей, на какой-то период времени приобретает вид (рис. 4).

Часть выручки $\Delta Q'$ используется на разовое скачкообразное ступенчатое финансирование рекламы, которая создает форсированное увеличение спроса от новых покупателей и вызывает дополнительную закупку у предприятия мебели на сумму $\Delta Q_2''$.

Теперь на вход звена реализации поступает мебель на общую сумму $Q_1(S) + \Delta Q_2''$, что значительно увеличит общую выручку. Включение в обратную положительную связь гибкого форсирующего рекламного звена снижает инерционность торговли, дает на некоторый период времени форсирование роста объема продаж мебели от новых покупателей с последующим уменьшением до определенного уровня.

Передаточная функция динамической системы экономики реализации товара с его

результативной рекламой в замкнутом состоянии $W(S)_{зам}$ с положительной гибкой инерционной обратной связью [3] имеет вид

$$W(S)_{зам} = Q_2(S) / Q_1(S) = W(S)_{раз} / (1 - W(S)_{раз} \cdot W(S)_p), \quad (16)$$

где $W(S)_{раз} = k_T T_T / (T_T S + 1)$.

Используя выражения $W(S)_{раз}$, $W(S)_p$, получим

$$W(S)_{зам} = \frac{k_T \cdot T_T \cdot T_g \cdot S^2 + k_T (T_T + T_g) S + k_T}{T_T^2 T_g S^3 + [T_T \cdot T_g + T_T (T_T + T_g)] S^2 + (2 \cdot T_T \cdot T_g - k_T k_g T_T) S + 1}. \quad (17)$$

В числителе передаточной функции (17) имеются составляющие с S^2 и S , которые при нулевых начальных условиях можно идентифицировать с операторами дифференцирования d^2 / dt^2 и d / dt . Следовательно, с точки зрения управления, введение в динамическую систему реализации товара дифференцирующего инерционного звена результативной рекламы превращает эту систему из позиционной в форсирующую систему с повышением на некоторое время скорости (d / dt) и ускорения d^2 / dt^2 реализации мебели.

После подстановки в уравнение (17) принятых выше численных значений k_T , k_g , T_T , T_g находим

$$W(S)_{зам} = \frac{0,12S^2 + 0,6S + 1,2}{0,05S^3 - 29,65S^2 - 59S + 1}. \quad (18)$$

Перейдем в частотную область замены $S = j\omega$, получим выражение частотной передаточной функции (АФЧХ) рассматриваемой системы

$$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = \frac{-3,54\omega^4 - 0,08\omega^2 + 1,2}{-0,0025\omega^6 + 850\omega^4 - 59,4\omega^2 + 1} + j \frac{0,006\omega^5 - 10,63\omega^3 + 71,6\omega}{-0,0025\omega^6 + 850\omega^4 - 59,4\omega^2 + 1}. \quad (19)$$

После расчета величин $U(\omega)$, $jV(\omega)$ для $\omega = 0; 0,001, \dots, \infty$ получена АФЧХ-II, представленная на рис. 3. Частота среза стала $W_{c2} = 0,48$ 1/мес. Запас финансовой устойчивости γ_1 увеличился с 147° до 265° , т.е. $\gamma_2 = 4,62$ рад. При рассмотрении АФЧХ -I и АФЧХ -II видно, что АФЧХ - II получила положительный фазовый сдвиг (против часовой стрелки), а это дает наглядное подтверждение реализации дифференцирующих, форсирующих свойств результативной рекламы, увеличившей на не-

который период времени запас финансовой устойчивости торговли мебелью, что дало возможность увеличить $\tau_{кр2}$ – наибольшее предельно допустимое время задержки денежных средств от оплаты товара оптовыми покупателями после оформления продаж

$$\tau_{кр2} = \gamma_2 / \omega_{c2} = 4,62 / 0,48 = 9,63 \text{ мес.}$$

Отношение критического времени $\tau_{кр1}$ и $\tau_{кр2}$ $\tau_{кр1} / \tau_{кр2} = 9,63 / 1,97 = 4,89$ показывает, что при использовании разовой результативной рекламы с постоянной времени действия $T_g = 0,2$ мес. запас финансовой устойчивости по времени задержки поступления денежных средств от оформленных продаж увеличивается в 4,89 раза.

Это, очевидно, связано с тем, что после действия результативной рекламы число новых покупателей товара с оптовой базы возросло, а количество и объем отсроченных платежей сравнительно небольшие в общем балансе выручки за товар.

4. Влияние результативной рекламы на финансовую устойчивость и прибыльность предприятий реализации мебели. Для рассмотренных в п. 3 условий изменение выручки Q_2 за приобретенный у производителя товар на сумму Q_1 описывается дифференциальным уравнением (9)

$$T_T(dQ_2 / dt) + Q_2 = k \cdot Q_1.$$

Сумма общего и частного решения этого дифференциального уравнения имеет вид

$$Q_2 = k_T \cdot Q_1(1 - e^{-t/T_T}). \quad (20)$$

Это уравнение отражает месячный рост суммарной выручки, т.е. рассматриваем месячный результат работы. Здесь $t = 0 - 1$.

Реализация товара проводится с оптовой базы известным, постоянным оптовым покупателям, которые сотрудничают с базой и будут приобретать тот же товар и в тех же размерах, несмотря на появление рекламы.

Результативная реклама привлечет дополнительно новых покупателей, которые будут приобретать мебель с закономерностью изменения спроса (4), (5), (6), вызванного дифференцирующим, форсирующим действием рекламы.

$$T_g \cdot \frac{d(\Delta Q_2'')}{dt} + \Delta Q_2'' = k_g \frac{d(\Delta Q_2')}{dt}, \quad (21)$$

где $\Delta Q_2'$ – затраты на разовую результативную рекламу;

$\Delta Q_2''$ – выручка от дополнительной реализации товара, которая вызвана рекламой;

T_g – постоянная времени спада спроса от его пика (максимума) после рекламы;

k_g – коэффициент чувствительности рекламы, который в пик спроса отражает наибольший объем продаж на 1 рубль затрат на рекламу.

Общее и частное решение уравнения (21) изменения дополнительного объема выручки из-за рекламы имеет вид

$$\Delta Q_2'' = \frac{k_g \Delta Q_2'}{T_g} e^{-\frac{t}{T_g}}. \quad (22)$$

Это уравнение отражает изменение ежедневной выручки $\Delta Q_2''$ для

$$t = 0, \frac{1}{30}, \frac{2}{30}, \frac{3}{30}, \dots, \frac{30}{30} = 1.$$

Чтобы определить суммарную месячную выручку оптовой базы за счет привлечения рекламой новых покупателей, нужно проинтегрировать функцию (22) по t в пределах от 0 до 1.

$$\sum_0^1 \Delta Q_2'' = \int_0^1 \frac{k_g \Delta Q_2'}{T_g} \cdot e^{-\frac{t}{T_g}} dt = \frac{k_g \Delta Q_2'}{T_g} \left[T_g \left(1 - e^{-\frac{t}{T_g}} \right) \right]_0^1. \quad (23)$$

Пусть $T_T = 0,5$ мес., $k_T = 1,2$, $\Delta Q_2' = 50000$ руб., $Q_1 = 1000000$ руб. По уравнению (20) вычисляем месячный объем реализации мебели ($t=1$) постоянным покупателям,

$$Q_2 = k_T Q_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_T}} \right) = 1,2 \cdot 1000000 \left(1 - e^{-\frac{1}{0,5}} \right) = 1038000 \text{ руб.}$$

В последний день предыдущего месяца появилась результативная разовая реклама с параметрами $k_g = 25$ (на рубль затрат на рекламу в пик спроса – 25 рублей выручки), $T_g = 0,2$ мес., на рекламу пусть затрачено $\Delta Q_2' = 50000$ руб.

По формуле (23) вычисляем дополнительную месячную выручку от привлечения рекламой новых покупателей.

$$\sum_0^1 \Delta Q_2'' = k_g \Delta Q_2' \left(1 - e^{-\frac{t}{T_g}} \right) = 1227500 \text{ руб., } t = 0-1.$$

Следовательно, суммарная выручка от реализации мебели с оптовой базы постоян-

ным оптовым покупателям и новым покупателям, появившимся под действием результативной рекламы, будет равна:

$$1038000+1227500=2265500 \text{ руб.}$$

Это пример весьма условной результативной рекламы с разовыми затратами на нее 50000 руб. позволил увеличить месячную выручку оптовой базы в 2,18 раза.

В этом достаточно условном примере показано, что результативная разовая реклама товара повысила фактический месячный запас финансовой устойчивости по объему выручки в 2,18 раза, увеличила месячную прибыль более чем в два раза.

Анализ, исследование форсирующих свойств результативной рекламы изделий по-

казал реальную возможность адаптации методов теории автоматического регулирования для решения ряда других задач управления в экономических системах производственного и коммерческого бизнеса при условии достаточно адекватной идентификации экономических процессов.

Библиографический список

1. Бугаков, В.М. Менеджмент на предприятиях лесного комплекса / В.М. Бугаков. – Воронеж: ВГЛТА, 2008. – 288 с.
2. Петровский, В.С. Экономика, управление и финансовая устойчивость малых предприятий / В.С. Петровский. – Воронеж: ВГУ, 2003. – 295 с.
3. Петровский, В.С. Теория управления / В.С. Петровский. – Воронеж: ВГЛТА, 1998. – 166с.

ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ ДО 2020 ГОДА СЕГОДНЯ И ЧТО ДЕЛАТЬ ДАЛЬШЕ?

Н.П. КОЖЕМЯКО, докторант каф. экономики и организации внешних связей МГУЛ,
канд. экон. наук

caf-econvnesh@mgul.ac.ru

Россия – страна с колоссальными запасами лесных ресурсов, оцениваемыми в 82,1 млрд м³ и позволяющими занимать лидирующие позиции среди лесопромышленных развитых стран, с одной стороны, и низкой эффективностью их использования, с другой стороны.

По результатам 2007 г. лесной комплекс занимает весьма скромное место в национальной экономике. Так, доля лесного комплекса в валовом внутреннем сборе продукции составила 1,3 %, в объеме отгруженной продукции – 4,7 %, в валютной выручке от экспорта – 3,2 %.

Такая ситуация сложилась под влиянием ряда нерешенных проблем развития лесного комплекса. В качестве основных системных проблем необходимо выделить две:

– в части лесного хозяйства: недостаточная точность оценки лесоресурсного потенциала, слабый контроль за использованием лесов и недостаточный объем лесохозяйственных мероприятий, обусловленный низким техническим уровнем и дефицитом кадрового состава;

– в части лесопромышленного комплекса: недостаточное развитие мощностей по глу-

бокой механической, химической и энергетической переработке древесины, недостаточно развитая лесотранспортная инфраструктура.

Для изменения сложившейся ситуации по результатам совещания у Председателя Правительства Российской Федерации В.А. Зубкова от 5 декабря 2007 г. № ВЗ-П9-29пр и от 27 декабря 2007 г. № ВЗ-П9-41пр и заседания Совета по развитию лесопромышленного комплекса при Правительстве Российской Федерации, г. Сыктывкар от 29 января 2008 г. № 1 Правительством Российской Федерации было принято решение о необходимости разработки Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года. Разработка стратегии была поручена ФГУП «Государственный научный центр лесопромышленного комплекса», ОАО «НИПИЭИ-леспром» и другим отраслевым институтам.

Предпосылками разработки Стратегии развития лесного комплекса послужило наличие значительных неиспользуемых запасов лесных ресурсов в России и устойчивый рост внутреннего и внешнего рынков древесины и продуктов ее глубокой переработки в долгосрочной перспективе.

Основной целью стратегии является обеспечение высоких и устойчивых темпов экономического роста экономики лесного комплекса России, достижение которой невозможно без решения следующих задач:

- обеспечение устойчивого управления лесами, сохранение их ресурсо-экологического потенциала;
- удовлетворение потребностей внутреннего рынка в высококачественной и конкурентоспособной лесобумажной продукции отечественного производства;
- снижение доли импортируемой продукции на внутреннем рынке (импортозамещение);
- повышение вклада лесного комплекса в социально-экономическое развитие регионов страны;
- обеспечение экологической безопасности и стабильного удовлетворения общественных потребностей в ресурсах и услугах леса.

Положительным моментом разработанной стратегии является то, что лесной комплекс рассматривается как единая совокупная система, включающая лесное хозяйство, лесозаготовки, обработку древесины и производство изделий из дерева, производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона и изделий из них, производство мебели, а также производство лесохимической продукции. Её отличительной особенностью является то, что помимо основных видов деятельности, связанных с использованием лесных ресурсов, включается лесное машиностроение, а также научно-техническая сфера. Такой подход предполагает комплексность использования лесосырьевого потенциала России.

Для решения проблем развития лесного хозяйства в рамках разработанной стратегии в качестве основных направлений определены следующие:

- формирование государственной лесной политики, отвечающей интересам государства, бизнеса и общества;
- совершенствование лесного законодательства Российской Федерации и субъектов Российской Федерации;
- совершенствование организационной и функциональной структуры государственного управления лесами;

- создание системы лесного планирования на федеральном, региональном и местном уровнях;
- совершенствование информационного обеспечения планирования и управления лесами, методов инвентаризации и мониторинга лесов;
- обеспечение интенсификации и эффективного использования лесов на инновационной основе;
- обеспечение ведения лесного хозяйства на условиях, отвечающих современным экологическим и социально-экономическим требованиям охраны, защиты лесов и воспроизводства лесов;
- развитие рыночных экономических механизмов использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов;
- развитие материально-технической базы лесного хозяйства;
- организация научно-инновационного развития и кадрового обеспечения лесного хозяйства, международного сотрудничества;
- развитие государственного лесного контроля и надзора.

Для решения проблем лесопромышленного комплекса в стратегии определены следующие направления:

- повышение уровня глубокой химической, механической и энергетической переработки древесного сырья;
- совершенствование структуры и рост объемов лесопромышленного производства. Данное направление влечет создание условий для увеличения производственных мощностей по глубокой переработке древесины, поскольку по результатам 2007г. резерв мощностей незначительный (рис. 1).

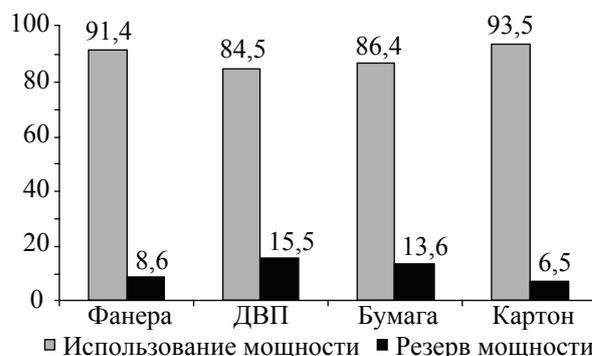


Рис. 1. Использование производственной мощности в 2007 г., %

Результаты реализации Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации

Индикаторы и показатели	2007 (факт)	2020
Отгружено продукции собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами (без НДС), млрд руб.	616,9	2680
Отгружено товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами инновационного характера, млрд рублей	2,3	40,3
Налоговые поступления в бюджет, млрд руб.	64,1	342
Производительность труда одного работающего, тыс. руб.	761	3739
Душевое потребление бумаги и картона, кг	46	100
Душевое потребление листовых древесных материалов, м ³ /1000человек	62,2	151,3
Душевое потребление мебели, руб.	1303	5112
Объемы заготовки древесины, млн м ³	207	294
Глубокая химическая и химико-механическая переработка древесины, млн м ³	101,7	230
Уровень переработки заготовленной древесины, %	49,1	78,5
Доля импортной продукции глубокой переработки на внутреннем рынке:		
– по бумаге и картону, %	22,5	10,5
– по древесным листовым материалам, %	18,7	2,7
– по мебели, %	41,0	10,7
Вырублено лесов, тыс. га (Сплошные рубки)	757	1000
Лесовосстановление, тыс. га	872	1040
Плата за использование лесов в бюджетную систему, млрд руб.	14,8	31,2

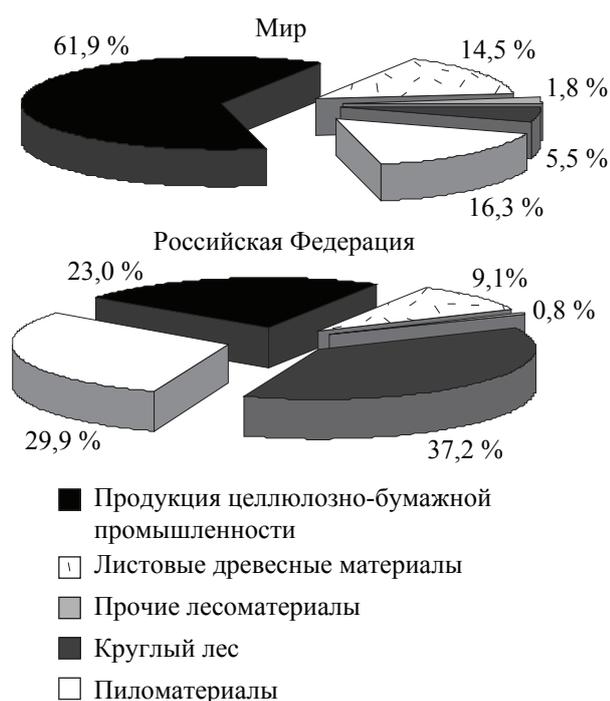


Рис. 2. Структура мирового и российского экспорта лесобумажной продукции

– увеличение выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью и рост дохода на 1 куб. м заготовленной древесины;

– улучшение структуры и увеличение доли лесобумажной продукции Российской Федерации на экспортных рынках, в первую очередь высокой добавленной стоимости. В

настоящее время структура российского лесного экспорта кардинально отличается от мировой, что характеризует сырьевую направленность экспорта лесобумажной продукции из России (рис. 2);

- развитие инфраструктуры в регионах реализации приоритетных инвестиционных проектов и освоения новых лесных массивов;
- снижение энергоёмкости производства и развитие производства биотоплива;
- снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

Таким образом, обозначенные цели и указанные задачи в рамках стратегии определяют в качестве приоритетных направлений развития лесного комплекса до 2020 г. следующие:

- развитие мощностей по глубокой механической, химической и энергетической переработке древесины;
- организация рационального, многоцелевого, непрерывного и неистощительного использования лесов.

Реализация стратегии за счет сбалансированного развития лесного хозяйства и промышленной переработки древесины позволит получить многоуровневый синергетический эффект.

За прогнозируемый период по инновационному сценарию объем отгруженной ле-

собумажной продукции возрастет в 4,7 раза, налоговые поступления в бюджет увеличатся в 5,7 раза, производительность труда возрастет в 4,9 раза, душевое потребление бумаги и картона увеличится в 2,3 раза, восстановление лесов возрастет на 168 млн га, лесной доход увеличится в 2,3 раза (таблица).

Стратегия обеспечивает устойчивое управление лесами, сохранение их ресурсно-экологического потенциала за счет сбалансированности использования и воспроизводства лесных ресурсов.

В результате реализации стратегии повысится эффективность использования лесосырьевой базы страны за счет более глубокой механической химической и энергетической переработки заготавливаемой древесины. При увеличении объемов заготовки древесины в 1,4 раза производство основных видов лесобумажной продукции прирастает более быстрыми темпами. Это обеспечивается внедрением инновационных технологий, обеспечивающих, с одной стороны, снижение материалоемкости в основном производстве, и с другой стороны, более широкое вовлечение мелкотоварной и низкосортной древесины

и отходов деревообработки в производство технологической щепы для выпуска плитной и целлюлозной продукции, а также активное развитие производства биотоплива.

Уровень глубокой переработки заготовленной древесины повысится с 49,1 % в 2007 г. до 78,5 % в 2020 г.

Вместе с тем разработка стратегии является первым шагом в направлении повышения роли лесного комплекса в национальной экономике России. Однако одной стратегии крайне недостаточно. И в дальнейшем необходимо разработать Федеральную целевую программу, которая определит конкретные точки роста в разрезе федеральных округов, а также Стратегии развития лесного комплекса федеральных округов до 2020 года.

Принятие таких мер позволит выработать единую политику развития лесного комплекса России в разрезе федеральных округов, что будет способствовать совершенствованию структуры лесного комплекса, в том числе за счет реализации приоритетных инвестиционных проектов в лесном комплексе, а также увеличению его доли в национальном доходе страны.

РЫНОЧНЫЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЛЕСНОГО СЕКТОРА

Е.В. ПОРФИРЬЕВА, *асп. каф. экономики и организации внешних связей МГУЛ*

pikalkina@mgul.ac.ru

Эффективное управление развитием хозяйственных субъектов подразумевает взаимосвязь использования принципов, функций и методов стратегического планирования и многовариантный подход к выбору стратегии развития предприятий и предпринимательской деятельности.

Системный подход к стратегическому планированию социально-экономического развития относительно обеспеченного лесом региона означает рассмотрение лесного хозяйства в виде открытой динамической системы, описывая соответствующим образом его состав, структуру, внутренние отношения и процессы, а также взаимосвязи его с внешней рыночной средой. В этой связи необходим та-

кой же подход и к выбору рыночных стратегий для лесохозяйственного и лесопромышленного производства. Многообразие существующих факторов воздействия на хозяйственные субъекты и зачастую их диаметрально противоположная направленность значительно усложняет выбор стратегии развития. В разработках отечественных и зарубежных ученых нередко указывается на невозможность адекватной оценки всех существующих факторов и оптимального выбора направлений развития предприятий на основе только интуиции руководителей. В такой ситуации поможет разработка компьютерных экспертных систем, где должны быть взаимосвязаны принципы, функции и методы отбора рыночных стратегий

в управлении хозяйственными субъектами, даны критерии оценки их положения на рынке, классифицированы факторы воздействия по степени влияния.

Рассмотрим области применения наиболее часто используемых стратегий развития применительно к лесозаготовительному и лесохозяйственному производству лесного сектора экономики Алтайского края.

Стратегии И. Анзоффа [1] в приложении к сфере лесного хозяйства можно интерпретировать следующим образом:

1. Углубленное развитие рынка предполагает увеличение объема продаж товаров без внесения изменений в сам товар. Возможные пути достижения эффекта от данной стратегии для лесозаготовительных предприятий – дифференцированное снижение цен на отдельные виды лесопродукции, расширение сети посредников, предоставление скидок за увеличение объема проданных лесоматериалов и т.п.

Для лесохозяйственных предприятий – активное включение в аукционную деятельность по сдаче лесных участков в аренду и продаже спелой древесины для рубки на торгах.

2. Расширение границ рынка – выход с имеющимся ассортиментом товаров на новые рынки. Направления реализации данной стратегии для лесозаготовительных предприятий – сбыт лесоматериалов на новых региональных рынках; активная работа с организациями, потребляющими лесоматериалы по расширению их сети.

Для лесохозяйственных предприятий – поставка продукции побочного пользования (грибы, ягоды, лекарственные растения) на новые региональные и международные рынки; предложение услуг рекреационного характера (охота, рыболовство) потребителям других регионов.

3. Разработка нового товара (инноваций), продажа новых товаров на старых рынках. Эта стратегия является достаточно привлекательной, как для лесозаготовительных предприятий, так и для лесохозяйственных организаций, однако требует значительных затрат на разработку новых товаров и услуг.

4. Диверсификация – переход к новым рынкам с новыми товарами. При этом в ас-

сортимент продукции, выпускаемой предприятием, включают товары, не имеющие прямой связи с ее прежними изделиями.

Для лесозаготовительных предприятий это могут быть следующие новые направления деятельности: производство предметов для обустройства загородных участков (беседки, патио, перголы и т.п.); изготовление плетеной мебели и предметов обихода из ивовых прутьев; предложение дровяной древесины дачникам и мелких упаковок древесного угля и т.п.

Для лесохозяйственных предприятий: выращивание крупномерных новогодних елок для площадей и улиц населенных пунктов; оказание услуг по проектированию и созданию садово-ландшафтных композиций; выращивание и реализация декоративных древесных культур; сбор и первичная переработка продукции недревесного пользования лесом; создание центров «экологически чистых видов» отдыха, охоты и рыбной ловли и т.п.

Преимущества подхода И. Анзоффа для использования в стратегическом управлении устойчивым развитием лесного сектора и его отраслей заключаются в простоте использования методических рекомендаций, возможности структуризации сложных обстоятельств и реальности рынка. К ее недостаткам следует отнести одностороннюю ориентацию на рост рынка, ограничение двумя характеристиками рынка.

Другой не менее известной стратегией рыночного управления хозяйственными субъектами является матрица Портера, так называемая матрица конкуренции. [2]. Данная модель пригодна для управления молодыми и стагнирующими отраслями, отличающимися определенной степенью зрелости. Как известно, матрица Портера подразделяется на три стратегии: низких издержек продукции, дифференцирования продукции и рынков, концентрации на отдельных сегментах рынка.

Рассмотрим более подробно возможности применения данных стратегий для лесохозяйственно-лесозаготовительных предприятий Алтайского края.

1. Стратегия низких издержек продукции

Достижение высоких результатов от применения этой стратегии возможно при ус-

ловии постоянной нацеленности на сокращение затрат на производство продукции.

Преимущества применения стратегии:

- предприятия с наименьшими затратами на производство продукции получают прибыль даже в случае особенно острой конкурентной борьбы;

- низкие затраты дают преимущество выбора посредников и поставщиков и создают высокие входные барьеры на рынках;

- при появлении на рынках товаров-заменителей лидер по затратам имеет большую свободу действий.

Применительно к лесозаготовительному предприятию эта стратегия является достаточно эффективной, так как в настоящее время основные российские потребители лесоматериалов одним из основных параметров требований, предъявляемых к лесоматериалам, выдвигают низкую цену, установление которой возможно лишь при наличии невысокого уровня затрат при лесозаготовках и реализации лесопродукции.

Для лесохозяйственных организаций применение этой стратегии приемлемо при аукционной торговле лесными участками, на которых лес вырос за счет естественного лесовозобновления и грамотного ухода за самосевом; при сбыте недревесной продукции леса, защитных и рекреационных услуг.

2. Стратегия дифференцирования продукции и рынков

Эффективность применения данной стратегии определяется значительным отличием продукции предприятия от товаров конкурентов, что позволяет установить более высокую цену на эту продукцию. В этом случае уровень затрат на производство и реализацию продукции играет второстепенную роль.

Необходимыми предпосылками применения этой стратегии для лесозаготовительных предприятий являются следующие положения: наличие надежных партнерских связей с потребителями; высокое качество производимых материалов; высокий уровень сопутствующих услуг (сборка садовых домов, установке оконных и дверных блоков и т.п.); интенсивная работа с потребителями.

Преимущества стратегии: потребители оценивают высокое качество товаров, их чувствительность к цене снижается; отличие товаров создает высокие входные барьеры на рынок; лояльность потребителей к высокому качеству дает действительную защиту против товаров-заменителей.

Для лесного хозяйства применение этой стратегии достаточно актуально ввиду того, что продукция, поставляемая на рынок, является достаточно разнородной и требует определенной специализации применительно к каждому конкретному товару или услуге. Эта стратегия наиболее эффективна именно в сфере лесохозяйственного производства при реализации леса на корню в возрасте спелости и разнообразной недревесной продукции и услуг леса.

3. Стратегия концентрации на отдельных сегментах рынка

Достижение эффективного результата от применения данной стратегии возможно в случае обработки и завоевания одного или нескольких сегментов рынка и достижения лидерства по затратам, или особого положения, или того и другого вместе.

Необходимыми предпосылками применения стратегии являются следующие положения: предприятие должно обрабатывать сегмент рынка более эффективно, чем конкуренты; особое положение предприятия должно быть признано потребителями.

Недостатками стратегии являются следующие условия: концепция стратегии предусматривает наличие особой позиции товаров предприятия по отношению к конкурентам; лидерство в области затрат несет с собой определенные риски. Так, например, конкуренты могут применить те же методы снижения затрат. Кроме того, сосредоточенность предприятия на снижении затрат зачастую приводит к неспособности своевременно распознать изменения в требованиях рынка.

Применение стратегий Портера для лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий в настоящее время возможно только в отношении стратегии дифференциации и низких издержек, в силу сложного финансового положения предприятий и высокой степени износа техники.

Применительно к лесохозяйственному и лесозаготовительному производствам рассмотренные выше методические приемы являются основой для выбора применяемых методов исследования рынка и анализа потребительских предпочтений при выборе лесных товаров и услуг.

В Алтайском крае выделено четыре лесохозяйственных региона по признакам интенсивности хозяйственной деятельности [3]. Для предприятий лесного хозяйства края, осуществляющих комплекс лесохозяйствен-

ных и лесопромышленных мероприятий на коммерческой (хозрасчетной) основе, выбор эффективной рыночной стратегии становится жизненно необходимым делом.

Библиографический список

1. Анзофф, И. Новая корпоративная стратегия / И. Анзофф. – СПб.: Питер, 1997. – 416с.
2. Портер, М. Международная конкуренция / М. Портер. – М.: Международные отношения, 2003. – 896 с.
3. Чуканов, В.И. Социально-экономическое развитие лесного хозяйства Алтайского края / В.И. Чуканов // сб. тр. конф.. – Барнаул: АГАУ, 2007. – С.76–81.

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ НА БАЗЕ НОВОГО ЛЕСНОГО КОДЕКСА

Е.В. ПОРФИРЬЕВА, *асп. каф. экономики и организации внешних связей предприятий лесного комплекса МГУЛ*

pikalkina@mgul.ac.ru

После принятия и введения в действие с 1 января 2007 г. нового Лесного кодекса РФ в Алтайском крае проведены кардинальные преобразования как в системе управления лесным хозяйством и лесными ресурсами, так и в системе лесных отношений, определяющих взаимодействие всех звеньев процесса использования и воспроизводства лесных ресурсов.

В целях обеспечения исполнения полномочий в области лесных отношений, возлагаемых Лесным кодексом Российской Федерации на органы государственной власти Алтайского края, федеральные государственные учреждения – лесхозы, ранее находившиеся в ведении Федерального агентства лесного хозяйства в количестве 37 структурных единиц, распоряжением Территориального управления по Алтайскому краю Федерального агентства по управлению федеральным имуществом от 25 декабря 2006 г. № 633 «О безвозмездной передаче федеральных государственных учреждений (лесхозов) как имущественных комплексов в государственную собственность Алтайского края», были переданы в государственную собственность Алтайского края.

В период с 9 февраля по 2 марта 2007 г. произведена государственная регистрация

соответствующих изменений, внесенных в учредительные документы учреждений. В результате чего на первом этапе переходного периода во исполнение статьи 15 Федерального закона от 4 декабря 2006 г. № 201–ФЗ «О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации» была сформирована система лесопромышленного управления Алтайского края.

Сформированная структура органов исполнительной власти Алтайского края, осуществляющих полномочия Российской Федерации в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, соответствует структуре, согласованной с Федеральным агентством лесного хозяйства.

В соответствии с Лесным кодексом Российской Федерации в целях формирования на территории Алтайского края территориальных единиц управления в области лесных отношений, приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 26 июня 2006 г. № 283 «Об определении количества лесничеств на территории Алтайского края и установления их границ» на территории Алтайского края создано 31 лесничество.

На основании постановления Администрации Алтайского края от 1.12.2006 г. № 500 «О создании управления лесами Ал-

тайского края» создана структура управления, в состав которой вошло 31 лесничество как отделы по обеспечению полномочий в области лесных отношений. Приказом управления лесами Алтайского края от 11.12.2007 г. № 227-П «О формировании структуры и утверждении штатного расписания управления лесами Алтайского края» утверждены «Положения об отделах обеспечения полномочий в области лесных отношений Алтайского края».

В настоящее время в соответствии с постановлениями администрации Алтайского края происходит ликвидация краевых государственных учреждений. Ликвидировано 25 краевых государственных учреждений (в период с 06 февраля до 01 октября 2008 г. получено 25 свидетельств о внесении записи в Единый государственный реестр юридических лиц сведений о его ликвидации).

Постановлением администрации Алтайского края от 18.10.2007 г. № 487 «О создании Алтайского краевого государственного унитарного предприятия «Алтайлесхоз» создано краевое государственное унитарное предприятие «Алтайлесхоз», учредителем которого выступило управление лесами Алтайского края. За вновь созданным предприятием «Алтайлесхоз» на праве хозяйственного ведения закреплено имущество, оставшееся после ликвидации краевого государственного учреждения «Алтайское управление сельскими лесами» и краевых государственных учреждений (лесхозов). В структуре АКГУП «Алтайлесхоз» созданы 4 филиала на территории края: Барнаульский, Солтонский, Солонешенский, Целинный.

В соответствии со статьями 19 и 24 закона Алтайского края «О порядке управления и распоряжения государственной собственностью Алтайского края» от 14.09.2006 г. № 98-ЗС в целях обеспечения выполнения работ по охране, защите и воспроизводству лесов использование государственного имущества ликвидированных лесхозов, АКГУП «Алтайлесхоз» предоставлено право передать его в аренду и безвозмездное пользование арендаторам лесных участков, а также исполнителям, осуществляющим работы на основании государственных контрактов.

Передача в аренду недвижимого имущества АКГУП «Алтайлесхоз» осуществляется с согласия главного управления имущественных отношений Алтайского края, движимого имущества – самостоятельно. Согласно статье 24 указанного закона, перечень лиц, которым АКГУП «Алтайлесхоз» вправе передавать имущество в безвозмездное пользование, определен распоряжением администрации Алтайского края от 26.02.2008 г. № 68-р.

Созданы хозяйствующие структуры – «ООО» (Общество с ограниченной ответственностью), из которых 26 вошли в ООО «Лесная холдинговая компания «Алтайлес», 3 вошли в состав АКГУП «Алтайлесхоз», 3 зарегистрировались как самостоятельные ООО, 5 передано арендаторам, ранее работавшим на территории лесного фонда Алтайского края.

Передача лесов, или, выражаясь в терминах нового Лесного кодекса, передача полномочий в области лесных отношений субъекту Российской Федерации – Алтайскому краю стимулировала более ответственное отношение к хозяйственному использованию лесов в интересах социально-экономического развития регионов.

В целях формирования перечня приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов ООО «Лесная холдинговая компания «Алтайлес» в 2008 г. разработала программу развития предприятий компании до 2020 г.

Общая территория лесов, на которой осуществляет использование лесов и ведение лесного хозяйства ООО «Лесная холдинговая компания «Алтайлес», составляет 2427,1 тыс. га.

Ежегодный объем пользования от всех видов рубок установлен в размере 1663,4 тыс. м³, что составляет 29,5 % от общего объема пользования.

Согласно предварительным расчетам, указанные в табл. 1 инвестиционные проекты будут обеспечены сырьевыми лесными ресурсами на 100 %, реализация намеченной стратегии развития позволит повысить производительность труда в 2 раза, а по отдельным видам – до 30 раз.

Список основных инвестиционных проектов, которые предполагается реализовать до 2020 г.

Суть инвестиционного проекта	Предварительный объем инвестиций, млн руб.
с. Ларичиха Тальменского района Алтайского края строительство завода по производству ламинированных плит ДСП, 70 тыс. м ² в год	800
с. Топчиха Топчихинского района Алтайского края – производство деревянных домов из клееного бруса, оцилиндрованного бревна, каркасное домостроение с общим объемом 50 тыс. м ² в год	320
г. Камень-на-Оби Алтайского края – концентрация производств по выпуску пиломатериалов с объемом 100 тыс. м ³ в год, строительство завода по производству ламинированных плит МДФ, 70 тыс. м ³ в год	710
с. Михайловское Михайловского района Алтайского края – строительство завода по производству древесных плит OSB, 70 тыс. м ³ в год	550
с. Угловское Угловского района Алтайского края – концентрация производств по выпуску пиломатериалов с объемом 120 тыс. м ³ в год, строительство завода по производству ламинированных плит МДФ, 70 тыс. м ³ в год	680
с. Ребриха Ребрихинского района Алтайского края – строительство завода по производству ламинированных плит МДФ с объемом 70 тыс. м ³ в год	580
с. Волчиха Волчихинского района Алтайского края – концентрация производств по выпуску пиломатериалов с объемом 150 тыс. м ³ в год	180
с. Павловск Павловского района Алтайского края – концентрация производств по выпуску пиломатериалов с объемом 150 тыс. м ³ в год	150
с. Бобровка Первомайского района Алтайского края – производство пиломатериалов в объеме 60 тыс. м ³ в год, производство деревянных каркасно-щитовых домов с объемом 10 тыс. м ² в год, строительство цеха по производству активированного угля с объемом 3,0 тыс. т, производство хлорофилло-каротиновой пасты	290
с. Северка Ключевского района Алтайского края – производство деревянных домов из клееного бруса и деревянное каркасное домостроение с объемом 40 тыс. м ² в год	280
с. Ракиты Рубцовского района Алтайского края – производство топливных пеллет с объемом производства 5 тыс. т в год, шпалопиление 20 тыс. м ³ , комплекты межэтажных лестниц	160
с. Перешеечное Егорьевского района Алтайского края – производство оцилиндрованного бревна с объемом 20 тыс. м ³ в год	130
с. Новичиха Новичинского района Алтайского края – концентрация производств по выпуску фрезерованных изделий для домостроения с объемом производства 12 тыс. м ³ в год	180
с. Мамонтово Мамонтовского района Алтайского края – производство клееного мебельного щита из массива с объемом производства 5 тыс. м ³ в год	140
с. Вылково Тюменского района Алтайского края – производство оконных и дверных блоков, в т.ч. для комплектации деревянных домов с объемом производства 30 тыс. м ³ в год	160
Переход на машинную заготовку древесины с использованием скандинавской технологии. Приобретение харвестеров, форвардеров, лесовозной техники	510
ИТОГО	5820,0

Привлечение инвестиций планируется в размере более 5 млрд руб., что позволит получить прирост выпуска товарной продукции на сумму более 10 млрд руб. в год. (Объем выпуска товарной продукции по предприятиям холдинга в 2007 г. составил менее 2 млрд руб.).

Отдавая дань значимости намеченных для реализации инвестиционных проектов в

Алтайском крае до 2020 г., нельзя не заметить желания распределить по всей территории края отдельные виды производств и тем самым обеспечить более высокий уровень занятости.

Вместе с тем, диверсификация лесных производств при небольших объемах выпуска продукции не позволяет сконцентрировать древесные отходы, не способствует росту производительности труда.

**Схема фронтально интегрированных бизнес-процессов
в лесном секторе Алтайского края**

Отраслевые производства лесного сектора	Виды производственной деятельности и продукции при реализации проекта	Источники инвестирования
Лесохозяйственное производство	1. Лесовосстановление, лесовыращивание 2. Уход за лесом, промежуточное лесопользование 3. Производство изделий из древесины, недревесное лесопользование	1. Государственные средства 2. Государственные средства 3. Частный капитал
Лесозаготовительное производство	1. Промышленная заготовка древесины 2. Первичная переработка древесины 3. Недревесное лесопользование	Лизинг, частный капитал
Лесопиление	1. Производство обезличенных пиломатериалов 2. Производство бруса и другой пилопродукции 3. Сортировка и подготовка отходов для древесных плит	1. Частный капитал 2. Государственные средства 3. Инвестиции из бюджета субъекта РФ
Другие деревообрабатывающие производства	1. Производство мебели 2. Производство столярных изделий и полуфабрикатов 3. Производство погонажных изделий и специальных заказов	Частный капитал
Производства др. плит OSB	1. Производство плит OSB трех типов для деревянного домостроения: OSB 10, OSB 15, OSB 22. 2. Производство плит OSB для внутреннего рынка 3. Производство плит OSB для внешнего рынка	1. Государственные средства 2,3. Частный капитал
Деревянное домостроение	1. Проектирование малоэтажных домов 2. Производство комплектов деревянных домов 3. Сборка домов, оборудование помещения, сооружений, коммуникаций (под ключ)	1. Частный капитал 2,3. Ипотечные кредиты
Производство биотоплива	1. Производство грубого биотоплива из лесосечных отходов (для котельных ЖКХ) 2. Производство топливных гранул (пеллет) 3. Производство дизельного топлива	Лизинг, инвестиции из бюджета субъекта РФ и муниципальных средств

Исходя из значительной территориальной отдаленности намеченных к строительству производственных объектов и конечных потребителей лесопродукции, рассчитывать на большую экономию при транспортировке сырья и готовой продукции также не приходится.

Тем не менее, реализация инвестиционных проектов, намеченных в качестве приоритетных для ООО «Алтайлес» (табл. 1), вполне реалистична и не подвергается сомнению. Однако для такого крупного субъекта Российской Федерации, каким является Алтайский край, также возможен не менее реальный дополнительный инвестиционный проект комплексного типа на основе частно-государственного партнерства.

Такой инвестиционный проект направлен не только на комплексное использование всех видов древесных ресурсов, но и на извлечение преимуществ, получаемых как в верти-

кально интегрированных, так и в горизонтально интегрированных структурах (табл.2).

Используя в качестве источников финансирования, для инвестиционной поддержки, частичный капитал и государственные средства, фронтально интегрированные бизнес-процессы охватывают все отрасли лесного сектора Алтайского края в виде лесного регионального кластера инновационного типа.

Расчеты показывают примерно тот же уровень инвестиционных средств, необходимых для реализации такого проекта (около 6 млрд руб.). За счет высокого уровня концентрации производства реализация такого проекта возможна уже в 2012 г. При этом значительное развитие получит не только производственно-технологическая инфраструктура, но и социально-экономическая, а также транспортно-логистическая и рыночная инфраструктуры Алтайского края.

СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ

Н.П. КОЖЕМЯКО, доц. каф. экономики и организации внешних связей МГУЛ, канд. экон. наук,
Н. И. КОЖУХОВ, проф. каф. экономики и организации внешних связей МГУЛ, д-р экон. наук

caf-econvnesh@mgul.ac.ru

В 2007 г. в лесопилении насчитывалось 3347 крупных и средних предприятий, которыми отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами (без НДС и акцизов) по чистым ОК ВЭД на сумму 57,08 млрд руб., что выше уровня прошлого года на 11,13 млрд руб. (24,22 %), в том числе за счет увеличения производства пиломатериалов, кроме профилированных, толщиной более 6 мм; производство непропитанных железнодорожных и трамвайных шпал из древесины на 9,42 млрд руб. (24,4 %) и производства пиломатериалов, профилированных по кромке или по пласти; производство древесной шерсти, древесной муки; производство технологической щепы или стружки на 1,71 млрд рублей (23,3 %). Доля производства пиломатериалов, кроме профилиро-

ванных, толщиной более 6 мм; производство непропитанных железнодорожных и трамвайных шпал из древесины в обработке древесины и изделий из нее в 2007 г. составила 28,44 %, что ниже уровня прошлого года на 1,8 %. Доля производства пиломатериалов, профилированных по кромке или по пласти; производство древесной шерсти, древесной муки; производство технологической щепы или стружки снизилось на 0,4 % и составило 5,37 %.

В 2007 г. производство пиломатериалов составило 23225,7 тыс м³, что выше уровня 2006 г. на 1096,6 млн м³ (5 %) (табл. 1).

В общем объеме производимой продукции в 2007 г. сократилась доля Центрального (на 1 %) и Уральского (на 1 %) федеральных округов и увеличилась доля Сибирского федерального округа на 2 % (рис. 1).

Т а б л и ц а 1

Объемы производства продукции лесопиления за 2007 г.

Перечень продукции	2006 г.	2007 г.	Темпы роста, % 2007 к 2006
Пиломатериалы, включая пиломатериалы из давальческого сырья, тыс. м ³	22129,1	23225,7	105,0
Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи, тыс. шт.	1656,8	1435,2	86,6
Пропсы (стойки рудничные), тыс. пл. м ³	21,2	28,38	133,9
Брусья деревянные для стрелочных переводов железных дорог широкой колеи, комплект	214	545	254,7
Шахтный обалпол, тыс. м ³	2,33	1,93	82,8

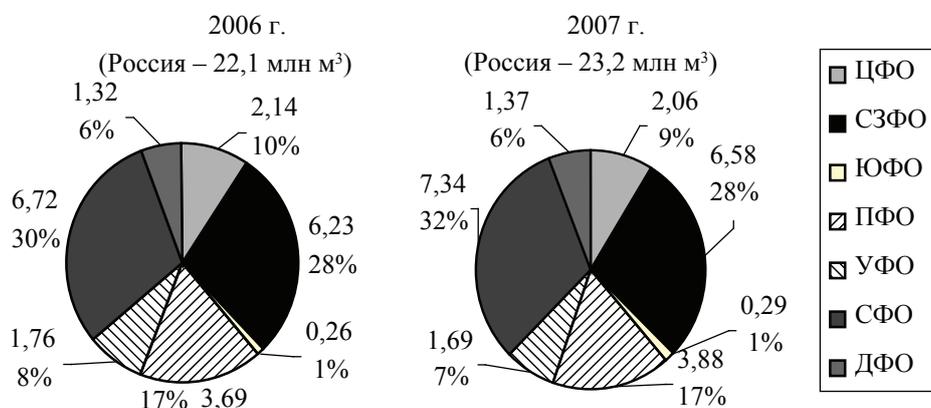


Рис. 1. Производство пиломатериалов по федеральным округам

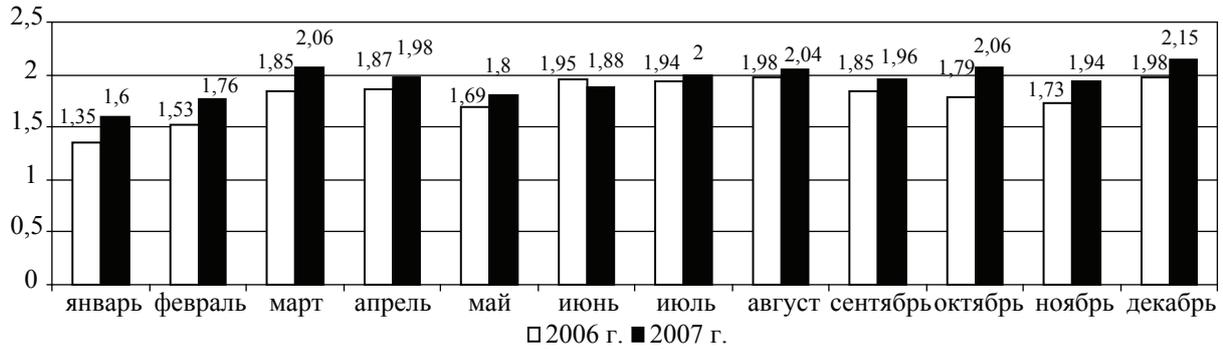


Рис. 2. Производство пиломатериалов по Российской Федерации, млн м³

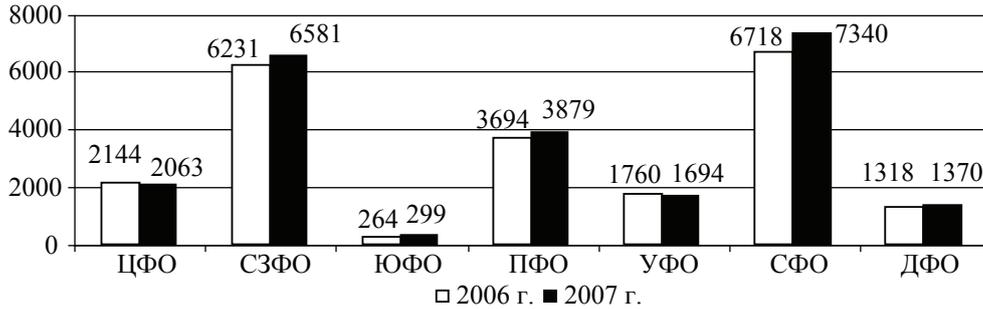


Рис. 3. Производство пиломатериалов по федеральным округам, тыс. м³

В 2007 г. наблюдается увеличение объемов производства по сравнению с 2006 г. пиломатериалов на 5,0 % (с 22129,1 тыс. м³ в 2006 г. до 23225,7 тыс. м³ в 2007 г.), пропсов (стоек рудничных) на 33,9 % (с 21,2 тыс. м³ в 2006 г. до 28,38 тыс. м³ в 2007 г.) и брусьев деревянных для стрелочных переводов железных дорог широкой колеи на 254,7 % (с 214 комплектов в 2006 г. до 545 комплектов в 2007 г.). Снижение объемов производства произошло по шпалам на 13,4 % (с 1656,2 тыс. шт. в 2006 г. до 1435,2 тыс. шт. в 2007 г.) и шахтному обаполю на 17,2 % (с 2,33 тыс. м³ в 2006 г. до 1,93 тыс. м³ в 2007 г.).

Производство пиломатериалов по месяцам представлено на рис. 2.

Снижение объемов производства пиломатериалов в апреле–мае обусловлено снижением объемов поставок сырья для лесопиления из-за влияния природных факторов (распутица).

Производство пиломатериалов по федеральным округам представлено на рис. 3

Увеличение производства пиломатериалов в 2007 г. произошло по следующим федеральным округам: Северо-Западному на 350 тыс. м³ (5,6%), Южному на 35 тыс. м³ (13,3%), Приволжскому на 185 тыс. м³ (5,0%), Сибирскому

на 622 тыс.м³ (9,3 %) и Дальневосточному на 52 тыс. м³ (3,9%). Уменьшение объемов производства отмечено по Центральному на 81 тыс. м³ (3,9 %) и Уральскому на 66 тыс. м³ (3,8 %).

В 2007 г. доля экспорта пиломатериалов от общего объема производства составила 75 %, что выше уровня прошлого года на 3 %. Низкое внутреннее потребление пиломатериалов вызвано низким уровнем объемов производства деревянных домов (рисунок 4).

В 2007 г. сократился объем видимого потребления пиломатериалов на 0,5 млн м³ (8,1%), что вызвано увеличением объемов экспортных поставок (рис. 5).

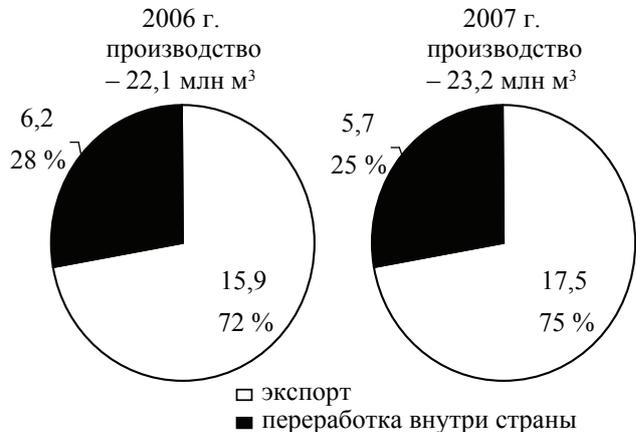


Рис. 4. Доля экспорта и переработки внутри страны пиломатериалов

Производство шпал деревянных для железных дорог широкой колеи по федеральным округам представлено на рис. 6

Производство шпал деревянных для железных дорог широкой колеи сосредоточено на 75 % в Сибирском федеральном округе. В 2007 г. произошло снижение объемов производства по всем федеральным округам: Центральному на 20,7 тыс. шт. (70,4 %), Северо-Западному на 37,3 тыс. шт. (38,2 %), Южному на 0,2 тыс. шт. (100 %), Приволжскому на 91 тыс. шт. (51,3 %), Уральскому на 24,5 тыс. шт. (21,5 %), Сибирскому на 42,9 тыс. шт. (3,8 %) и Дальневосточному на 5 тыс. шт. (5,1 %).

За 2007 г. цена шпал деревянных для железных дорог широкой колеи увеличилась на 283,02 руб. за штуку (103 %) и составила к концу года 557,82 руб.

Производство брусьев деревянных для стрелочных переводов железных дорог широкой колеи по федеральным округам представлено на рис. 7.

Производство брусьев деревянных для стрелочных переводов железных дорог широкой колеи сосредоточено в трех федеральных округах: Северо-Западном 58 %, Сибирском 33 % и Уральском 9 %. В 2007 г. произошло увеличение объемов производства по Северо-Западному на 287 комплектов (в 11 раз) и Сибирскому на 150,8 комплектов (50,8 %) федеральным округам и снижение по Уральскому на 6 комплектов (8,9 %).

За 2007 г. цена на брусья деревянные для стрелочных переводов железных дорог широкой колеи увеличилась на 35000 за комплект (35 %) и составила к концу года 135 тыс. руб.

Производство стоек рудничных (пропсы) сосредоточено в Сибирском федеральном округе (рис. 8).

За 2007 г. цена на стойки рудничные увеличилась на 373 руб./м³ (91,6 %) и составила к концу года 780 руб./м³.

Производство шахтного обалола по федеральным округам представлено на рис. 9.

Производство шахтного обалола сосредоточено в четырех федеральных округах: Сибирском 31 %, Приволжском 31 %, Уральском 34 % и Дальневосточном 4 %. В 2007 г. произошло увеличение объемов про-

изводства по Уральскому федеральному округу на 0,17 тыс. м³ (34 %) и снижение по Приволжскому на 0,08 тыс. м³ и Сибирскому на 0,49 тыс. м³ (45,4 %).

Средние цены производителей продукции лесопиления по месяцам 2007 г. представлены в табл. 2.

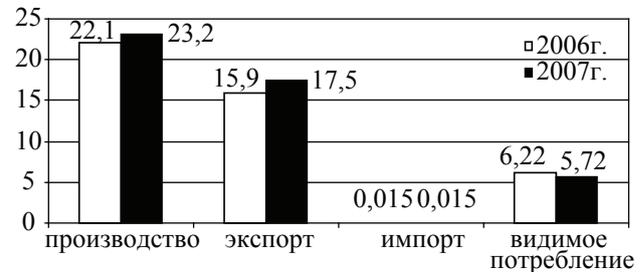


Рис. 5. Видимое потребление пиломатериалов, млн м³

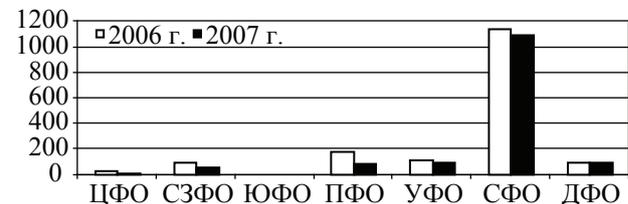


Рис. 6. Производство шпал деревянных для железных дорог широкой колеи по федеральным округам, тыс. шт.

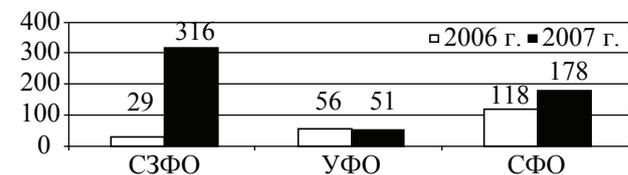


Рис. 7. Производство брусьев деревянных для стрелочных переводов железных дорог широкой колеи по федеральным округам, комплектов

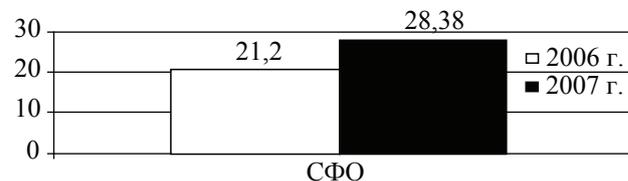


Рис. 8. Производство стоек рудничных (пропсы), тыс. м³

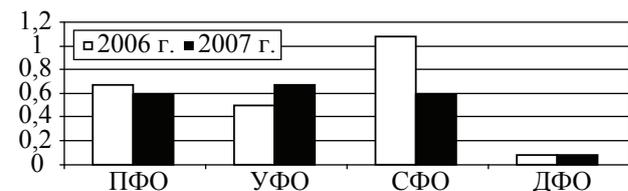


Рис. 9. Производство шахтного обалола по федеральным округам, тыс. м³

Средние цены производителей продукции лесопиления за 2007 г.

Наименование продукции	Ян-варь	фев-раль	Март	Ап-рель	Май	Июнь	Июль	Август	Сен-тябрь	Ок-тябрь	Но-ябрь	Де-кабрь
Пиломатериалы всего, руб./м ³	2919	3196	3401	3590	3609	3553	3500	3808	3930	4375	4277	4034
Пиломатериалы обрезные, руб./м ³	3263	3555	3740	3820	3790	3627	3768	3868	3979	4448	4136	3751
Пиломатериалы необрезные, руб./м ³	1535	1648	1662	1740	1749	1811	1935	1984	2101	2097	2095	2198
Пиломатериалы обрезные хвойных пород, руб./м ³	3294	3599	3781	3861	3830	3659	3801	3911	4026	4481	4181	3781
Пиломатериалы об-резные лиственных пород, руб./м ³	1801	1878	1897	1926	2186	2163	2207	2020	2057	1982	2098	1995
Пиломатериалы не-обрезные хвойных пород, руб./м ³	1625	1721	1757	1811	1850	1872	2007	2060	2192	2197	2177	2281
Пиломатериалы не-обрезные листвен-ных пород, руб./м ³	1206	1249	1269	1410	1295	1427	1373	1562	1290	1431	1528	1670
Пропсы (стойка рудничная), руб./м ³	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407
Шпалы деревян-ные для железных дорог широкой колеи, руб./шт	275	349	336	342	360	421	420	376	407	554	598	596
Брусья деревянные для стрелочных переводов железных дорог широкой ко-леи, руб./комплект	100000	100000	100000	100000	100000	100000	120000	135000	135000	135000	135000	135000

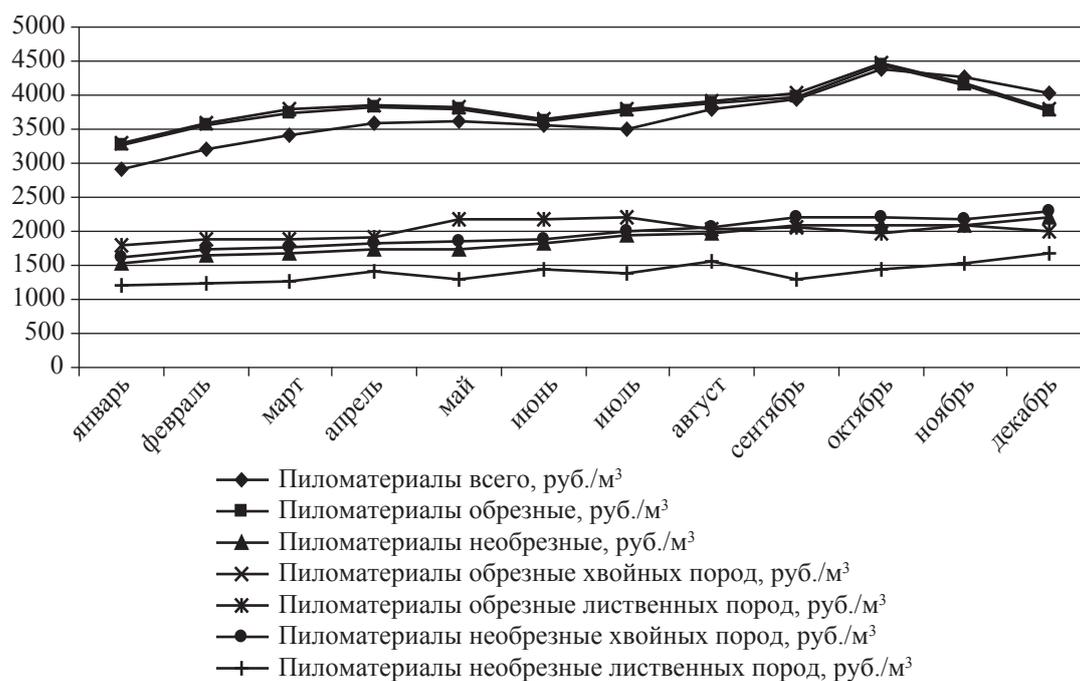


Рис. 10. Динамика цен на пиломатериалы в 2007 г.

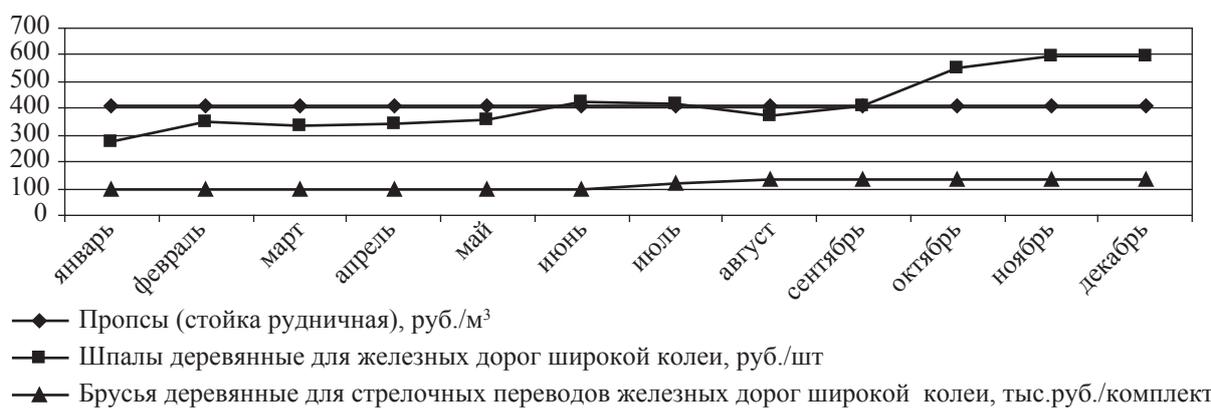


Рис. 11. Динамика цен на пропсы, шпалы деревянные и брусья деревянные для стрелочных переводов в 2007 г.

За 2007 г. цены на пиломатериалы в целом повысились на 38,2 %, или 1115 руб. (с 2919 руб./м³ в январе до 4034 руб./м³ в декабре), в том числе по обрезным пиломатериалам на 14,9 %, или 488 руб. (с 3263 руб./м³ в январе до 3751 руб./м³ в декабре) и необрезным – на 43,2 %, или 663 руб. (с 1535 руб./м³ в январе до 4034 руб./м³ в декабре).

Рост цен на пиломатериалы в целом осуществлялся ежемесячно, за исключением июля, когда цены снизились за счет снижения цен на пиломатериалы необрезные лиственных пород.

Динамика цен на пиломатериалы на внутреннем рынке представлена на рис. 10.

Динамика цен на пропсы, шпалы деревянные и брусья деревянные для стрелочных переводов железных дорог широкой колеи представлена на рис. 11.

В 2007 г. отмечен рост цен на шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи в 2,2 раза, или на 321 руб. (с 275 руб./шт в январе до 596 руб./шт в декабре). Комплекты брусьев деревянных для стрелочных переводов железных дорог широкой колеи выросли в цене на 35 %, или 35 тыс. руб. (со 100 тыс. руб./комплект в январе до 135 тыс. руб./комплект в декабре).

Основными факторами, сдерживающими развитие лесопиления в России являются:

- низкий уровень спроса на продукцию лесопиления на внутреннем рынке, вызванный недостаточным уровнем развития отрасли деревянного домостроения;

- снижение спроса на пиломатериалы на внешнем рынке, вызванное ипотечным кризисом в США и Западной Европе;

- физическое и моральное старение технологии и техники лесопильного производства, ориентированных на ограниченную номенклатуру продукции. Так, только около 6 % пилопродукции производится на ленточнопильном, бревнопильном, 7 % – на профилирующих агрегатах, 8 % – на круглопильных бревнопильных станках. Львиная доля пиломатериалов производится на лесопильных рамах, характеризующихся высокой энергоемкостью, низкой производительностью, невысоким качественным и количественным выходом продукции.

Низкий технический уровень операций, сопутствующих собственно пиленю круглого леса (операции сортировки, хранения, упаковки пиломатериалов), не позволяет повысить технический уровень лесопиления в целом.

- рост транспортных расходов и тарифов на энергоресурсы и, как следствие, рост средних издержек производства;

- низкая активность России по вопросам международной стандартизации продукции лесопиления по линии ИСО и СЕН;

- снижение уровня рентабельности, производительности и механизации труда, а также его энерговооруженности;

- предприятия лесопиления не в полной мере используют отходы лесопиления с целью получения тепловой и электрической энергии;

- отсутствие координации действий производителей пилопродукции и лесопортеров. Не отлажены механизмы взаимодействия между лесозаготовителями и переработчиками древесины;

– отсутствие реально работающих региональных ассоциаций лесопиления, в первую очередь малого бизнеса в лесопилении, не дает возможности координировать экспортные цены;

– дефицит квалифицированных кадров, в первую очередь в области маркетинг-менеджмента, стандартизации, сертификации, обусловленный отсутствием высших бизнес-школ управления в области ЛПК;

– низкий уровень концентрации лесопиления, что отрицательно влияет в целом на эффективность лесопиления.

В качестве направлений, способствующих развитию и повышению эффективности лесопиления, можно выделить следующие:

– **на макроуровне:**

1) содействие развитию деревянного домостроения, что существенно повысит спрос на пиломатериалы на внутреннем рынке;

2) содействие созданию вертикально интегрированных по ресурсному и техноло-

гическому признакам лесоперерабатывающих производств;

3) создание ассоциаций малых и средних лесопильных предприятий с целью определения единой маркетинговой и внешнеэкономической политики.

– **на микроуровне:**

1) определение оптимальных размеров уровня специализации, комбинирование производства в зависимости от объема лесосырьевой базы и потребителей продукции;

2) обоснование ассортимента и объемов производства продукции из древесины с учетом спроса на международном и внутреннем рынке;

3) расширение ассортимента продукции лесопиления, в том числе за счет повышения степени обработки пиломатериалов (сушка, производство строганых и клееных пиломатериалов);

4) снижение производственных издержек, в том числе путем применения альтернативных источников энергии в результате комплексного использования древесного сырья.

ФОРМИРОВАНИЕ МАРКЕТИНГА ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

М.М. ВОЙТЮК, *заведующая сектором ФГНУ «Росинформагротех», канд. с.-х. наук*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Поскольку в последнее время положение дел в сельской экономике постепенно улучшается, изменяется роль человеческого фактора в современном сельском социуме, это заставляет вносить существенные коррективы в основу развития институтов инфраструктуры сельских территорий. С этой целью постановлением Правительства Российской Федерации была утверждена Федеральная целевая программа «Социальное развитие села до 2012 года», где главной целью обозначено повышение уровня жизнеобеспечения сельского населения. Многообразие инфраструктуры различных отраслей, функционирующих на сельских территориях, видов деятельности и форм собственности требует новых решений, обуславливает развитие новых маркетинговых технологий по продвижению инфраструктурной продукции и услуг, учитывающих особенности сельских территорий. Это предопреде-

ляет разнообразие применяемых стратегий, тактик, форм, методов и приемов маркетинга, распространяющихся на две главные сферы применения: первая – организации, учреждения и предприятия инфраструктуры, функционирующие на сельских территориях и участвующие в рыночных отношениях (инфраструктурные элементы); вторая – функции, которые выполняют эти участники.

В литературных источниках нет четкого определения понятия «функция маркетинга». Однако основные функции маркетинга охватывают ряд функциональных элементов: выявление существующего и потенциального спроса покупателей на продукцию и услуги путем комплексного изучения состояния рынка и перспектив его развития; выбор специальных методов рекламы и стимулирования сбыта; организация и совершенствование методов и форм реализации продукции и

услуг; управление ассортиментом продукции и услуг, координация и планирование производства и услуг; разработка системы цен, проверка ее эффективности и совершенствование по мере необходимости; организация научно-исследовательской, инновационной и информационной деятельности; анализ экономической эффективности использования ресурсного блока, организация взаимоотношений с поставщиками и оценка их надежности; формирование плана маркетинга; обеспечение контроля и управления функциями маркетинга. Анализ перечисленных функциональных элементов показывает, что по существу они отражают основы маркетинга без учета особенностей инфраструктурной деятельности. Особенности маркетинга инфраструктурной деятельности определяются спецификой сельского и лесного хозяйства и тем, что производство продукции связано с использованием в качестве основного средства производства земельных и лесных ресурсов и их качеств. Существуют тесные связи использования земельных ресурсов с развитием отраслей растениеводства и животноводства; лесных ресурсов с объемами лесозаготовок, развитием деревообрабатывающей отрасли и побочного лесопользования; они во многом определяют объем, ассортимент и качество маркетинга инфраструктуры. Кроме того, сельское и лесное хозяйство выпускают не конечную, а промежуточную продукцию, поэтому особое значение приобретает маркетинг инфраструктуры, связанной с переработкой (первичной или глубокой) сырья сельскохозяйственного и лесохозяйственного производств. В связи с этим необходимо уточнение маркетинга инфраструктурной деятельности и значение его для развития инфраструктуры сельских территорий. С этой целью нами проведены исследования влияния маркетинга на развитие инфраструктурной деятельности (перерабатывающей, рыночной и транспортной) в Центральном федеральном округе на примере хозяйствующих субъектов, производящих продукты питания из недревесного лесного сырья. Эта продукция относится к следующим группам:

А – группа сырьевых продуктов: сырье для фармацевтической промышленности

(чага, лекарственные травы, шиповник, боярышник и др.), для пищевой промышленности и индивидуального потребления (ягоды клюквы, черники, калины, брусники, орехи (лещина), папоротник, грибы свежие);

В – группа полуфабрикатов: соки дикорастущих ягод (клюквы, брусники, калины) для использования в производстве алкогольных напитков, сиропов и биологически активных добавок; папоротник соленый и сушеный для использования в домохозяйствах, системе общественного питания и для экспорта; грибы (пластинчатые) соленые в бочках;

С – группа готовых продуктов: сиропы на основе дикорастущих ягод и лекарственных растений; мед фасованный; эликсиры; алкогольные и безалкогольные напитки на основе недревесного сырья, в том числе березового сока (бальзамы, настойки, морсы, напитки); кондитерские изделия (драже, мармелад, ассорти); десерты и желе; протертые с сахаром ягоды; концентрированные соки и основы для напитков; биологически активные добавки; фиточаи; галеновые препараты (спиртовые экстракты) чаги; готовые к употреблению салаты из папоротника (неконсервированные и консервированные) и др.

В результате неразвитости маркетинга инфраструктурной деятельности большая часть экологически чистых и ценных по питательным свойствам лесных грибов, ягод, орехов, лекарственных растений вывозится за рубеж в виде сырья или полуфабрикатов. Исследования показали, что с развитием инфраструктуры (перерабатывающей, рыночной и транспортной) наблюдается тенденция роста рынка недревесной продукции, несмотря на имеющиеся недостатки маркетинговой деятельности. Исследования маркетинговых решений, проведенные на основе анкетирования населения городов и сельских поселений Ярославской, Костромской, Владимирской областей, показали, что недревесная продукция популярна не только у жителей городов, но и в сельской местности. Большие объемы этих продуктов заготавливаются жителями города самостоятельно или покупаются у сельских жителей на рынках. В то же время часть горожан постоянно покупают лесную продукцию в предприятиях розничной торговли. Соотноше-

ние между объемами покупок и заготовок различно в зависимости от видов дикоросов. На основе анализа данных о покупках был произведен расчет существующей емкости рынка недревесной продукции, так как емкость рынка определялась объемами покупок (табл. 1).

Результаты опроса респондентов показали, что часть потребности населения (по некоторым товарам – значительная) удовлетворяется путем самостоятельной заготовки недревесной продукции леса. Анализируя возможности, при которых люди могут отказаться от самостоятельной заготовки недревесной продукции, оказалось, что 60,8 % респондентов при определенных условиях могут отказаться от самостоятельной заготовки и обеспечить значительный рост рынка. Причины возможных отказов от заготовки разные и подразделяются на две группы: первая – факторы, контролируемые продавцом. К этой группе относятся такие причины, на которые можно влиять действиями заготовителей и переработчиков. Все это – факторы маркетинга, и они составляют наибольший удельный вес в возможных причинах отказа (62,8 %). Для наглядности приведем некоторые из них: наличие более дешевой продукции в магазинах – 33,9 %; улучшение качества и вкуса продуктов в магазинах – 13,6; наличие продуктов в продаже зимой – 5,1; большой выбор продуктов – 5,1; наличие упаковки, пригодной для хранения – 1,7; уверенность, что при сборе соблюдаются санитарные условия – 1,7; продукция была бы всегда свежая – 1,7 %. Вторая группа – причины, независимые от деятельности производителей и продавцов. Они связаны с экономическими, физиологическими и другими факторами тех, кто заготавливает.

Удельный вес этих причин значительно ниже в совокупности возможных причин отказа от заготовки и составляет 37,2 %. К таким причинам относятся: рост доходов в семейном бюджете, ухудшение здоровья (имеется в виду, что люди перестали бы ездить в лес из-за ухудшения состояния здоровья), увеличение платы за проезд в общественном транспорте (это ограничило бы возможности жителей выезжать в лес) и др.

Таким образом, при расширении ассортимента предлагаемой продукции на рынке города, снижении ее цены, улучшении вкусовых качеств, предложении данной продукции в течение года многие жители перестали бы заготавливать некоторые виды недревесной продукции самостоятельно. Сделанный вывод позволяет предположить, что потребители могут увеличить объемы покупок за счет отказа от заготовки недревесной продукции леса самостоятельно, что позволит расширить рынок и увеличить объемы продаж. На этом основан расчет потенциальной емкости рынка недревесной продукции в г. Владимире, представленный в табл. 2.

Данные последней колонки таблицы весьма оптимистичны. Их экстраполяция на другие территории, с поправкой на численность населения и его платежеспособность, с большой долей уверенности позволяет судить о гарантированном сбыте этой продукции. Однако этот вывод не означает, что предприятиям не нужно будет прилагать маркетинговых усилий по продвижению и сбыту продукции, так как эта рыночная ниша в последнее время очень активно осваивается производителями западных стран и КНР, вызывая конкурентную борьбу за ресурсы и рынки сбыта.

Т а б л и ц а 1

Определение емкости рынка недревесной продукции леса в г. Владимире

Наименование продукта	Объем покупок в выборке	Средний объем покупок на одну семью в выборке	Средний текущий рыночный спрос или емкость рынка
Мед чистый, л	550	5,7	893,2
Орехи, кг	379	3,95	615,82
Грибы, кг	164	1,72	266,34
Варенье, джемы, л	111	1,16	180,85
Ягоды, кг	407,5	4,24	661,04
Фиточаи, кг	12,7	0,13	20,27
Напитки на основе дикоросов, л	79	0,82	127,84

Т а б л и ц а 2

Расчет потенциальной емкости рынка недревесной продукции в г. Владимире

Наименование продукта	Существующая емкость рынка	Размер возможных покупок	Потенциальная емкость рынка
Мед чистый, л	893,2	155,9	1049,1
Орехи, кг	615,82	31,2	647,02
Грибы, кг	265,04	1450,5	1715,54
Варенье, джемы, л	180,85	1218,0	1398,85
Ягоды, кг	661,04	1711,2	2372,24
Фиточаи, кг	20,27	4,4	24,67
Напитки на основе дикоросов леса, л	127,84	96,8	224,64

Т а б л и ц а 3

Оценка возможной стоимости недревесных ресурсов леса в Костромской области

Наименование продукции	Возможные ежегодные заготовки или производство продукции, т	Средняя цена реализации 1 кг на мировом рынке, долларов США	Сумма реализации, долларов США
Орехи	500	3	1,5
Чага	30	35	1,05
Лист брусники	50	4	0,2
Папоротник-орляк (соленый)	500	1,2	0,6
Итого			3,35

Для большинства видов недревесной продукции леса характерно то, что сама стоимость ресурса или заготовленного сырья сравнительно невысока. Следовательно, продажа грибов, ягод и другой продукции не может принести ощутимых бюджетных поступлений, что наглядно показано в табл. 3, где максимальная сумма, вырученная хозяйственными субъектами от выписки лесобилетов в 2007 г., немногим превышает 600 тыс. руб. Стоимость, а соответственно и значимость этой продукции в сельской экономике, повышается в процессе развития инфраструктуры по переработке и маркетинговых решений по реализации. В приведенном ниже примере показано увеличение добавочной стоимости ягод в процессе переработки. Пример (ягоды калины). Закупочная стоимость 1 кг ягод калины – 0,3 у.е. Из них получают сок (выход 50...55%), стоимость которого на оптовом рынке составляет 0,65 у.е., и семена (выход 7%), стоимость которых – 0,8 у.е. При этом добавочная стоимость составит 0,35 и 0,5 у.е. соответственно. Если сок использовать для производства сиропа или напитков, а семена – для масляного экстракта, то добавочная стоимость возрастет кратно. Оптовая цена экстракта жирного масла семян калины, по-

лученного из 1 кг ягод, составляет от 16 до 30 у.е. (в зависимости от формы его упаковки и дальнейшего использования). Таким образом, даже простейшая первичная инфраструктура по переработке позволяет создать 0,85 у.е. (0,35+0,5) добавочной стоимости, а использование технологии и инфраструктуры по глубокой переработке – получить более 30 у.е. в виде добавочной стоимости на 1 кг сырья, т.е. в 100 раз больше стоимости заготовленных ягод. Резкое увеличение добавочной стоимости при переработке недревесной продукции характерно для использования этих ресурсов во всем мире. Поэтому основные бюджетные поступления от пользования такой продукцией леса могут быть получены только в процессе их глубокой переработки, в виде различных налогов (на добавленную стоимость, с прибыли, исчисляемые от фонда оплаты труда, подоходный и др.). При этом добавочная стоимость, выплаченная в виде заработной платы, останется в регионе и, в конечном счете, будет способствовать развитию экономики сельских территорий и поселений. Роль маркетинга при пользовании недревесной продукцией в сельской экономике можно также показать на примере недревесных ресурсов, пользующихся повышенным спро-

сом на мировом рынке. В табл. 3. приведены приблизительные экономические расчеты по ряду недревесных ресурсов. За основу взяты возможные заготовки их в Костромской области и средние мировые рыночные цены на эти виды ресурсов.

Инфраструктурная деятельность сельских территорий в свете маркетинговых решений является открытой системой, которая взаимодействует с внешней средой, имеет проницаемые границы и требует специального регулирования и управления. Основной целью управления маркетингом инфраструктуры можно назвать поддержание соответствия между состоянием маркетинговой среды и системой маркетинговых решений инфраструктурных объектов в достижении поставленных целей. В качестве управляющей системы в процессе управления маркетингом инфраструктуры выступают руководство инфраструктурного субъекта и служба маркетинга, а в качестве управляемой системы – маркетинговая среда инфраструктурного объекта, которая может быть условно поделена на микросреду и макросреду. Микросреда маркетинга инфраструктурного субъекта включает такие элементы, с которыми она непосредственно соприкасается в деятельности: поставщики, конкуренты, маркетинговые посредники (в том числе торговые, транспортные, складские), финансово-кредитные учреждения, рекламные агенты, контактные аудитории и целевые клиентурные рынки. Совокупность факторов, оказывающих широкомасштабное воздействие как на деятельность самого инфраструктурного субъекта, так и на другие элементы микросреды, образует макросреду маркетинга. Основные элементы и факторы маркетинговой среды инфраструктуры сельских территорий представлены на рис. 1.

Важным элементом управления маркетингом инфраструктурной деятельности на сельских территориях является также комплекс мероприятий, включающий инновационную деятельность, планирование ассортиментов товаров и услуг, ценовую политику, систему маркетинговых коммуникаций, рекламу, комплекс взаимоотношений с общественностью, систему стимулирования сбыта и личные продажи.

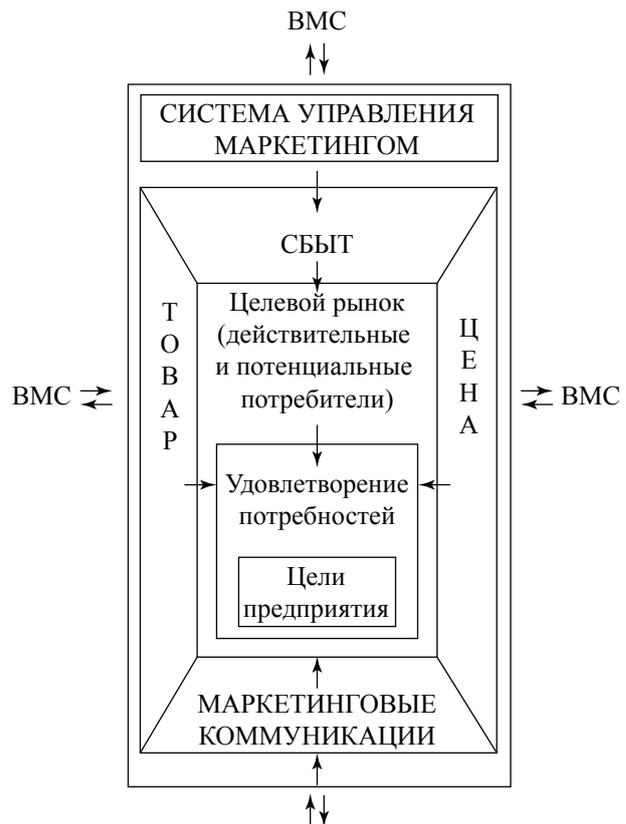


Рис. 1. Схема маркетинга инфраструктурной деятельности на сельских территориях

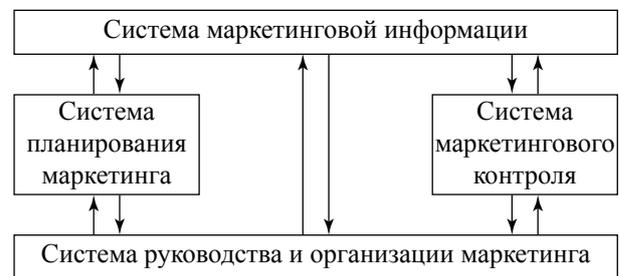


Рис. 2. Система управления маркетингом инфраструктуры сельских территорий

В настоящее время существуют четыре системы: планирование маркетинга; организация маркетинга, маркетингового контроля, маркетинговой информации.

Взаимосвязь систем управления маркетингом инфраструктурной деятельности показана на рис. 2. Все это в совокупности и составляет управление маркетингом инфраструктуры сельских территорий. Внутри системы управления лежит более узкая сфера деятельности, которая является подсистемой и играет подчиненную роль – управление службой маркетинга.

Технология маркетинга представляет собой совокупность стадий, операций, приемов и действий, необходимых для реализации маркетинговых решений. По мнению автора данной работы, процесс маркетинга инфраструктуры состоит из следующих стадий: исследование рынка, прогнозирование, целеполагание, планирование, организация системы маркетинга, анализ, контроль и рационализация процесса маркетинга, координация и регулирование процесса маркетинга, оценка маркетинговой деятельности и определение перспектив ее развития.

Анализ использования технологий маркетинга инфраструктурной деятельности свидетельствует о том, что процесс маркетинга строится в основном на интуитивно-эмпирической основе.

Анкетирование руководителей инфраструктурных объектов показало, что в маркетинге широко используется управленческий опыт. Они сосредотачивают внимание главным образом на исследовании рынка (6,7...7,3 балла), изучении наличия и состава продукции и услуг, конкурентов, возможности продаж, степени удовлетворения спроса потребителей, на коммерческих аспектах рыночных отношений, уровне сервисного обслуживания и ценовых характеристиках. Свое участие в реализации технологии маркетинга работники управления оценивают по исследованию рынка (4,6...7,1 балла), прогнозированию, целеполаганию и планированию (5,5...7,3 балла). Еще меньше они заняты рационализацией процесса маркетинга, его координацией и регулированием. Наивысшие оценки здесь у маркетологов, однако в целом они невысоки. Опросы руководителей о причинах низкой эффективности технологий маркетинга инфраструктурной деятельности показали, что на первое место они ставят нехватку знаний по теории маркетинга, на второе – нехватку знаний и умений по искусству маркетинговых решений.

Исследование показало, что руководители инфраструктурных объектов не используют даже эмпирическую технологию маркетинга с элементами достижений науки. Пока преобладают опыт и интуиция, хотя анализ маркетинговой практики свидетельствует о

существенных резервах ее реализации за счет инновационных маркетинговых технологий.

В заключение можно отметить, что улучшение жизни на сельских территориях отнесено Президентом Российской Федерации к приоритетным направлениям социально-экономической политики. В Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 гг. предполагается комплексный системный подход к решению проблем развития инфраструктуры сельских территорий. Формирование организационного механизма маркетинга инфраструктурной деятельности, его отладка и обеспечение эффективного функционирования позволит максимально адаптироваться инфраструктурным отраслям к рынку, росту производительности хозяйствующих субъектов на сельских территориях, повысить занятость и доходы сельского населения.

Библиографический список

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы. – М., 2007. – 72 с.
2. Федеральная целевая программа (ФЦП) «Социальное развитие села до 2012 года». – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 100 с.
3. Войтюк, М.М. Повышение занятости сельского населения путем организации производства продуктов питания из дикорастущих лесных растений: Научный доклад / М.М. Войтюк, Д.С. Буклагин, И.И. Дроздов и др. – М., 2006. – 93 с.
4. Голубков, Е.П. Маркетинговые исследования: теория, методология, практика. 2 изд. / Е.П. Голубков. – М.: Финпресс, 2008. – 461 с.
5. Егошина, Т.Л. Ресурсы ягодных растений и съедобных грибов в России / Т.Л. Егошина // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2007. – № 7. – С. 101–103.
6. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмента: Пер. с англ. – 10-е изд. / Ф. Котлер. – СПб.: Питер, 2007. – 749 с.
7. Москалев, М.И. Маркетинговые проблемы в сельскохозяйственном производстве / М.И. Москалев // Экономика с.-х. пр-ва России. – 2007. – № 3. – С. 31–34.
8. Сорокин, П.П. Маркетинг в АПК / П.П. Сорокин, С.Е. Чернов и др. – М., 2008. – 238 с.
9. Стерликов, Ф.Ф. Маркетинг. Компьютерное моделирование / Ф.Ф. Стерликов. – Ростов на-Дону: ЛаПо, 2008. – 297 с.
10. Стукач, В.Ф. Проблемы развития инфраструктуры АПК / В.Ф. Стукач / АПК: экономика и управление. – 2006. – № 9. – С. 37–39.

О ПРОБЛЕМАХ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А.И. ЗАКИРОВ, *проф. Брянского ГУ, д-р экон. наук,*
С.С. ШЛЫКОВ, *асп. Брянского ГУ*

bgu@brgu.ru

Для жителей России в настоящее время самой актуальной является проблема жилья. Несмотря на существенный рост строительства в последние годы, жилищная проблема далека от решения.

В рамках национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» предусмотрена программа малоэтажного жилищного строительства «Свой дом». В первом полугодии 2008 г. продолжился рост объемов индивидуального жилищного строительства. По данным статистики, населением за счет собственных и заемных средств построено 82 тыс. жилых домов общей площадью 11,3 млн м². При этом рост в первом полугодии 2007 г. составил 9,3 %. Статистика также показывает, что растет доля индивидуального домостроительства в общей площади строительства жилья. По России его доля составила 52,3 %, а некоторых субъектах РФ – от 76 % до 90,6 %. А в таких республиках как Тыва, Карачаево-Черкесская и Чеченская – 100 %.

Как видно из данных табл. 1, объем жилищного строительства в России с 2000 г. по 2007 г. возрос почти в 2 раза – с 30,3 млн м². по 56,3 млн м². Возрастает и объем малоэтаж-

ного жилищного строительства: с 12,6 млн м². в 2000 г. до 23,6 млн м². в 2007 г., т.е. рост почти в 2 раза. Однако удельный вес доли малоэтажного строительства практически не изменился.

В рамках программы «Свой дом» Международная ассоциация фондов жилищного строительства и ипотечного кредитования разработала прогноз развития строительства малоэтажного индивидуального дома до 2010 г.

При увеличении строительства жилья с 56,3 млн м² в 2007 г. до 80 млн м² в 2010 г. рост должен составить 1,42 раза, малоэтажного жилищного строительства – 1,7 раза (с 26,3 млн м² в 2007 г. до 40,0 млн м² в 2010 г.) (табл. 1). Объем строительства деревянных домов с 2007 г. до 2010 г. возрастет практически в 3 раза (табл. 2).

Расчеты показывают, что малоэтажное индивидуальное строительство потребует около 60 млрд руб. капитальных вложений. Бывшим Министерством экономического развития и торговли источниками инвестиций предлагались Инвестиционный фонд Российской Федерации, ОАО «Российская венчурная компания», Государственная корпорация развития.

Т а б л и ц а 1

Динамика строительства жилья в РФ, млн м²

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
В целом по России	30,3	31,7	33,8	36,4	41,0	43,6	50,2	56,3
Малоэтажное строительство	12,6	13,1	14,2	15,2	16,1	17,5	19,8	23,6
Доля малоэтажного строительства, %	41,5	41,3	42,0	41,7	39,2	40,1	39,5	41,9

Т а б л и ц а 2

Прогноз строительства малоэтажных индивидуальных домов, млн м²

Показатель	Годы				
	2006	2007	2008	2009	2010
Общий ввод жилья	50,2	56,3	63,1	70,6	80,0
Малоэтажное строительство	19,8	23,6	28,4	34,0	40,0
Доля в общем вводе, %	39,9	41,9	45,0	48,0	50,0
Деревянные дома	7,0	8,0	13,0	18,0	24,0
Кирпичные дома и дома из ячеистого бетона	12,3	14,6	13,9	13,8	13,0
Дома из пенополистирола	0,5	1,0	1,5	2,2	3,0

Вид и сущность проблем в области малоэтажного строительства и пути их решения

Вид проблемы	Сущность проблемы и пути решения
1. Трудности в приобретении участка земли под строительство индивидуального дома	Стоимость земли растет. Предлагается стимулировать местные власти выставлять участки земли на аукционы. Кооперативы по строительству малоэтажных поселков должны получать землю бесплатно
2. Слабое развитие инфраструктуры или ее полное отсутствие	Для строительства комфортного жилья требуются дороги, теплосети, канализации, электроснабжение. Необходим механизм исключения стоимости инфраструктуры из себестоимости жилья для застройщика при условии продажи жилья по фиксированным ценам
3. Проблема источников финансирования строительства	Для решения этой проблемы возможно использование ипотеки под залог земли, субсидии на строительство малоэтажного жилья для нуждающихся граждан, молодых семей, государственных жилищных сертификатов для военных, уволенных со службы, вынужденных переселенцев, северян и ликвидаторов радиационных аварий
4. Отсутствие современной эффективной технологии	

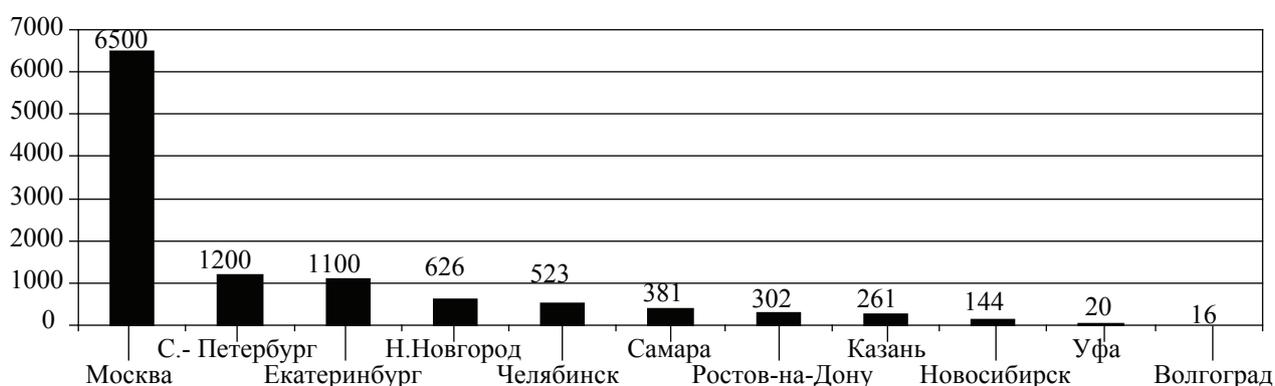


Рис. 1. Суммарная площадь объектов в коттеджных поселках, тыс.кв. (источник: VescoColsulting)

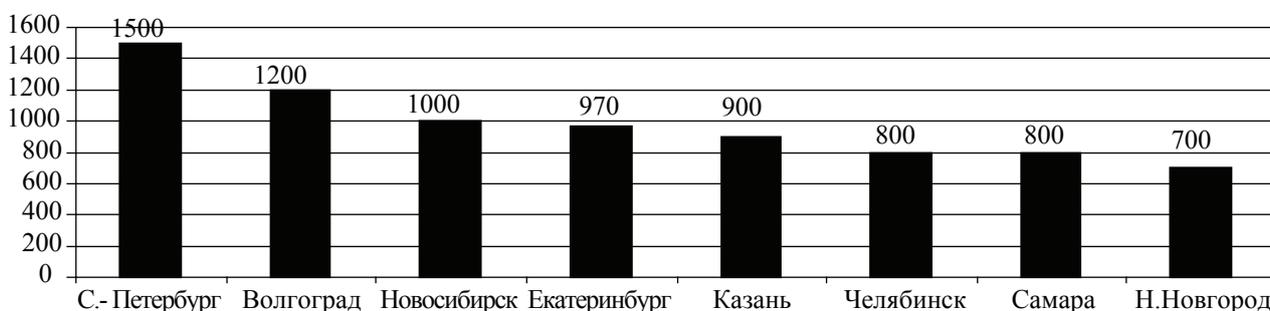


Рис. 2. Средняя стоимость одного кв. м коттеджа, долл. (источник: VescoColsulting)

При этом государственная поддержка малоэтажного индивидуального жилищного строительства предполагается в следующих формах:

- предоставление государственных гарантий РФ под инвестиционные проекты;
- софинансирование на договорных условиях инвестиционных проектов с оформлением прав собственности РФ;
- направление средств в уставные капиталы юридических лиц.

На кафедре «Экономики и внешних связей ПЛК» МГУЛ проведены исследования

по изучению положения на российском рынке деревянных домов. Респонденты были распределены по уровню доходов, возрасту, составу семьи, потом – по сегментам. По результатам исследования составили характеристики потребительского поведения респондентов по сегментам. Так, например, предпочтениями респондентов всех сегментов являются: в первом сегменте деревянные дома предпочитают 39 % респондентов, во втором – 30,5 %, в третьем – 33,96 % и в четвертом – 18 %. Следовательно, значительная часть населения, жаждущего иметь индивидуальные дома, хотела бы пост-

роить их из древесины. Этот факт свидетельствует о том, что в нашей стране необходимо серьезное развитие деревянного домостроения.

В реализации государственной политики в области развития малоэтажного строительства возникают серьезные проблемы. В настоящее время малоэтажное жилищное строительство развивается в виде коттеджных поселков (рис. 1). Чтобы строительство индивидуального малоэтажного дома поставить на поток, необходимо удешевить возведение поселков и кварталов. Однако средняя стоимость 1 м² в коттеджном поселке резко различается в зависимости от региона (рис. 2).

Средняя стоимость 1 м² коттеджа в зависимости от региона различается в разы.

Так, самый дорогой коттедж получается в г. Санкт-Петербурге – \$1500 за 1 м², в то время как в Нижнем Новгороде – \$700, т.е. в 2,15 раза дешевле.

Таким образом, поскольку удельный вес индивидуального жилья в общем объеме жилищного строительства в перспективе должен значительно возрасти, властям на всех уровнях и регионах предстоит уделять этой проблеме серьезное внимание.

Библиографический список

1. Махлин, М. Ступени становятся круче / М. Махлин // Российская бизнес-газета. – 19 августа 2008 г.
2. Шагин, П.И. Эффективное развитие деревянного домостроения в российских регионах / П.И. Шагин, А.Ю. Царикаев. – М.: МГУЛ, 2007.

МИРОВОЙ ФИНАНСОВЫЙ КРИЗИС: ЧТО УГРОЖАЕТ ЛЕСНОМУ СЕКТОРУ РОССИИ?

Д.В. КОТИКОВ, *асп. каф. экономики и организации на предприятиях л/х и л/н МГУЛ*

caf-elh@mgul.ac.ru

Лесопромышленный комплекс России по-прежнему остается вне поля зрения инвесторов. Даже до наступления финансового кризиса лесная отрасль не блистала привлекательностью для инвесторов. Что же можно ожидать теперь, когда вся отечественная промышленность стала заложницей мирового финансового кризиса. Лишенные фундаментальной поддержки высказывания о том, что кризис не затронет производственный процесс, никак не повлияли на естественное развитие событий – кризис не просто затронул реальный сектор, а нанес ему сильнейший удар, последствия которого будут сопровождать отечественные предприятия на протяжении ближайших лет.

Лесной сектор не стал исключением и наравне с другими отраслями экономики оказался втянутым в пучину финансовых потрясений. Как и подавляющее число компаний средней капитализации, лесопромышленные предприятия пользовались всеми благами кредитного рынка, который за последние годы продемонстрировал бурный рост. Низкие процентные ставки в сочетании с доступностью привлекаемых средств привели

к тому, что инструменты долгового финансирования (кредиты и облигационные займы) стали практически доминирующим источником инвестиций, уступая первое место только собственным средствам (чистая прибыль и амортизация). Активизация механизмов заемного финансирования хоть как-то вдохнула жизнь в лесные отрасли. В то же время практика показывает, что чрезмерная перегрузка пассивов компании кредитными ресурсами приводит к тому, что в экстремальных ситуациях ей приходится распродавать свое имущество по бросовым ценам.

Тем не менее, любой кризис рано или поздно заканчивается, и экономика вступает в фазу подъема. На этом этапе важным является наличие стратегических инвесторов (ведь кризис есть ничто иное, как глобальное перераспределение финансовых ресурсов), готовых к освоению капиталоемких вложений. Безусловно, лесному сектору необходим стратегический инвестор, но кто он? Это наиболее животрепещущий вопрос. Зарубежные инвесторы уже разобрали самые «сладкие» активы, и дальнейшая их инвестиционная деятельность так или иначе будет связана с

теми предприятиями, которые они приобрели. Остается уповать только на отечественных стратегов. И здесь проблема привлечения дополнительных инвестиций выглядит неоднозначно. С одной стороны, интерес к лесному сектору проявляют крупные банковские и финансово-промышленные группы. С другой стороны, возникают вопросы: чем вызвана такая активность и зачем крупным корпорациям иметь на балансе непрофильные активы? Ответ лежит на поверхности. Зачастую скупка активов происходит по ценам существенно ниже экономически обоснованного уровня с целью их дальнейшей перепродажи по более высокой стоимости. Подобные инвестиции носят спекулятивный характер, т.е. не способны обеспечить техническую модернизацию производства и тем самым создать предпосылки для подъема леспрома.

В России очень сложно найти стратегического инвестора. В качестве примера достаточно вспомнить не так давно закончившуюся реформу электроэнергетического сектора. Наиболее перспективные генерирующие компании (реформа энергетического сектора была нацелена на разделение конкурентных и монопольных видов деятельности, производство и сбыт электроэнергии относится к конкурентному сегменту, а передача и распределение к монопольному) разобрали иностранные инвесторы, а оставшиеся – отечественные. Примечательно, что структура иностранных инвесторов была представлена широким спектром участников, что обеспечивало жесткую конкуренцию и, как следствие, высокую цену размещения, а вот среди отечественных инвесторов такого разнообразия не было. Газпром, СУЭК, КЭС-Холдинг и ГМК Норникель – отечественные стратегические инвесторы в электроэнергетике. Если при продаже генерирующих компаний, производящих незаменимый товар – электроэнергию, нашелся весьма узкий круг отечественных инвесторов, то какие шансы у лесного сектора с его неразвитой инфраструктурой, разрывом технологических связей внутри отрасли, истощенной сырьевой базой в транспортно освоенных лесах, высоким уровнем износа основных средств, низким качеством корпоративного управления и высокой распыленностью предприятий.

Безусловно, в настоящее время лесной сектор непривлекателен для сторонних инвесторов, готовых создавать предприятия по глубокой переработке древесины с нуля. Остаются действующие собственники лесопромышленных предприятий, уповать на которых неразумно, поскольку они заинтересованы в извлечении выгоды в краткосрочной перспективе, а такая стратегия в принципе не может отвечать целям и задачам, которые ставят перед собой стратегические инвесторы. Одно дело реализовать инвестиционную программу, направленную на техническое перевооружение оборудования в рамках существующего предприятия, и совсем другое – создавать капиталоемкое производство, которое будет выпускать конкурентоспособную продукцию с высокой добавленной стоимостью. Именно реализация последнего варианта позволит лесному сектору преодолеть кризисное состояние, в котором он находится с момента перехода от плановой экономики к рыночным отношениям.

Вместе с тем, при разработке любого инвестиционного проекта встает вопрос обоснования структуры и стоимости привлекаемого капитала. В этом отношении следует отметить тот факт, что привычный для компаний лесного сектора рынок кредитов и облигационных займов закрыт на неопределенное время. Рассчитывать на то, что центральный банк будет снижать ставку рефинансирования для оживления кредитного рынка, не приходится, поскольку последствия от такого мероприятия в виде дополнительной инфляционной нагрузки могут только усугубить ситуацию. Действующие собственники вряд ли согласятся расходовать накопленные средства (чистая прибыль и амортизация) на освоение капиталоемких инвестиций, слишком уж это рискованно – инвестировать в условиях полной неопределенности и отсутствия четких гарантий со стороны государства. Можно с уверенностью сказать, что без помощи последнего лесному сектору будет трудно пережить это тяжелое время.

Понимая свою роль, государство пошло навстречу лесному бизнесу. В конце 2008 г. в Правительстве РФ было принято решение о включении лесопромышленного комплекса в перечень отраслей, которым будет оказана

Сравнительная характеристика стоимости бизнеса отечественных и зарубежных целлюлозно-бумажных комбинатов

Наименование компании	EV/S	EV/EBITDA	P/BV
<i>Зарубежные предприятия</i>			
Internatioanl paper Co	0,66	5,83	1,17
Sappi LTD	0,94	5,51	1,84
Hansol paper Co ltd	1,06	8,80	1,09
China Sunshine paper holdings Co Ltd	0,62	6,06	1,20
Samson Paper Holdings ltd	0,24	3,01	0,77
Медиана	0,66	5,83	1,17
<i>Российские предприятия</i>			
Архангельский ЦБК	0,65	2,92	1,11
Соломбальский ЦБК	0,54	7,71	0,64
Сокольский ЦБК	2,44	Н/Д	Н/Д
Группа Илим	0,26	1,03	0,24
Медиана	0,60	2,92	0,64
Недооценка к зарубежным аналогам	10,92 %	99,66 %	82,81 %

господдержка (субсидирование расходов на уплату процентов по кредитам, предоставленные арендаторам отсрочки по оплате аренды). В принципе это вполне ожидаемое решение. Было бы неразумно ратифицировать приоритетные инвестиционные проекты, чтобы потом отказаться от их реализации. Конечно, заинтересованность государства и преференции, предоставляемые частному бизнесу, очень важный шаг. Тем не менее, мировой кризис заставляет переосмыслить подходы к выбору инструментов финансирования инвестиционных проектов, что в дальнейшем может привести к смене приоритетов в разрезе источников привлечения дополнительного капитала.

Сегодня большинство предприятий лесного сектора существенно недооценены по сравнению со своими аналогами, акции которых обращаются на организованном рынке ценных бумаг. В качестве примера можно сравнить компании отечественной целлюлозно-бумажной промышленности с аналогичными предприятиями, акции которых торгуются на организованном рынке развивающихся и развитых стран. Выбор данного сегмента обусловлен тем, что именно продукция глубокой переработки древесины является реальным отражением добавленной стоимости, которая создается на всех этапах технологического цикла от заготовки древесины до ее глубокой переработки и поставки конечной продукции на рынки сбыта. На момент написания статьи подавляющее большинство целлюлозно-бумажных предприятий России являются закрытыми компаниями (то есть их акции не обращаются на фондовом рынке). Однако в системе RTS Board (внебиржевой рынок) присутствуют индикативные котировки на акции некоторых целлюлозно-бумажных комбинатов.

Как видно из расчетов, дисконт стоимости отечественных ЦБК к своим зарубежным «собратям» разнится в диапазоне от 10,92 % до 99,66 %. Иными словами, если бы потенциальный инвестор решил купить акции отечественного целлюлозно-бумажного комбината, то потенциал роста их рыночной цены на ближайший год составил бы от 10,92 % (EV/S) до 99,66 % (EV/EBITDA).

Основываясь на полученных результатах, можно сделать вывод, что целлюлозно-бумажные предприятия России недооценены по сравнению с зарубежными аналогами. Однако значительней дисконт стоимости акций отечественных ЦБК на внебиржевом рынке не послужил сигналом для собственников лесных компаний, это привело к тому, что в период бурного роста фондового рынка предприятия лесного сектора вообще не использовали этот источник привлечения инвестиций. С точки зрения инвестиционного анализа это было крупным стратегическим просчетом менеджмента лесопромышленных компаний. Вполне понятно, что действующим собственникам не хотелось впускать в свой бизнес других участников, что обусловлено возможным формированием предпосылок для передела собственности внутри компании. Однако такой подход выглядит обоснованно только в том случае, если речь идет о привлечении стратегического партнера, который готов консолидировать не менее чем 25 %+1 акция. Если говорить о продаже дополнительной эмиссии объемом не более 20 % портфельным инвесторам, которые при размещении, как правило, консолидируют не более чем 4–7 % уставного капитала, то ос-

нований для возникновения конфликта интересов просто не существует. Бесспорным остается тот факт, что компании, успевшие провести IPO до кризиса, оказались в более выгодном положении, по сравнению с теми, кто опоздал выйти на фондовый рынок. Недостатки, вызванные необходимостью платить налоги и иметь прозрачную структуру бизнеса, с лихвой возмещаются такими преимуществами как рыночная оценка бизнеса, доступ к расширенному инструментарию источников привлечения дополнительного капитала, более низкие ставки по кредитам и т.д.

Конечно, мировой кризис на неопределенное время закрыл доступ к ресурсам

финансовых рынков, так необходимые лесному сектору. В то же время кризис не может быть вечным. Россия обладает огромным инвестиционным потенциалом, и интерес к ней со стороны стратегических инвесторов может вернуться быстрее, чем ожидается. В этой связи успех предприятия, намеревающегося привлечь дополнительный капитал посредством IPO, будет определяться уровнем его подготовленности к этой процедуре. В этом отношении текущий финансовый кризис может дать хорошую «фору» компаниям лесного сектора, уровень корпоративного управления которых по-прежнему оставляет желать лучшего.

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ МЕТОДАМИ НЕЧЕТКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Л.Н. КАЗНОВСКАЯ, доц. каф. менеджмента и маркетинга МГУЛ, канд. экон. наук

caf-mim@mgul.ac.ru

Мировой экономический кризис, начавшийся в 2008 г., стал главной темой практически всех новостей и вызвал повышенный интерес предпринимателей и всех жителей страны к экономическим прогнозам. Первых интересует проблемы сохранения своего бизнеса, вторых – растущая стоимость жизни, курс доллара и другие проблемы.

Как известно, устойчивость на рынке любого предприятия оценивается с помощью различных коэффициентов, которые рассчитываются исходя из данных бухгалтерского баланса, выручки от продаж и других экономических показателей. Для большинства таких коэффициентов известны критические значения, достижение которых является поводом для принятия различных решений, препятствующих вероятному резкому падению производства и даже банкротству предприятия.

Если известны значения коэффициентов за некоторый период, например за последний год, то теоретически можно рассчитать тенденцию их изменения (регрессию) на ближайшее время и заранее принять необходимые меры в случае, если в соответствии с таким прогнозом эти коэффициенты при-

близятся к критическим значениям. Вместе с тем, в условиях нестабильности внешних и внутренних экономических факторов следует использовать не четкое прогнозирование с расчетом математического выражения для регрессии, а учитывать возможные колебания (вариации) возможных значений коэффициентов, другими словами, методы нечеткого прогнозирования [1].

Рассмотрим некоторые способы введения нечеткости в прогнозируемые значения в зависимости от свойств исходных данных.

Определение тренда (регрессии). Если данные для прогноза имеют небольшой объем, тогда можно использовать классические методы вычисления полинома, наилучшим образом аппроксимирующего исходные данные. Например, в Excel имеются готовые функции для расчета коэффициентов этого полинома. Качество аппроксимации обычно определяется по остаточной дисперсии, то есть по сумме квадратов отклонений исходных данных от полинома. Остаточную дисперсию можно использовать в качестве меры нечеткости получаемого прогноза, добавляя ее значение к точкам полинома, вычисленным в интервале прогнозирования, таким образом

получая верхнюю и нижнюю границы изменения прогнозируемого коэффициента.

Аппроксимация преобразованием Фурье. Если данные имеет достаточно большой объем и налицо нестабильное их изменение со временем, то выбор аналитической функции в виде полинома для аппроксимации этих данных весьма сложен. Вероятнее всего, изменения данных вызваны некоторыми факторами, имеющими сложный и непредсказуемый характер. Типичный пример таких данных – колебания курса доллара или курса акций на бирже. Очевидно, что прогнозировать плавное изменение подобных данных по полиному нецелесообразно. Автор предлагает считать исходные данные случайным процессом и использовать методы, разработанные для технических приложений, например для обнаружения сигналов в радиотехнике или мобильной связи [2].

Упрощенно проблема получения аналитического сигнала (в нашем случае аппроксимирующей функции) из выборки данных наблюдения (исходных коэффициентов эффективности работы предприятия) заключается в следующем. Пусть $y(t)$ – случайный процесс, заданный на интервале $[t_n, t_k]$. Его преобразование Фурье

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t)e^{i\omega t} dt$$

дает спектр процесса, то есть набор частот $f = \omega/2\pi$ синусоидальных составляющих процесса. Если оставить только несколько основных частот, отбросить все частоты большие, чем некоторая заданная частота, и выполнить обратное преобразование Фурье, то мы получим сглаженную функцию, отражающую, по предположению, влияние основных факторов на исходный процесс. Поскольку данная функция является суммой синусоид, легко продолжить ее за интервал наблюдения, то есть вычислить прогнозируемые значения нашего процесса.

Вновь, как и выше, можно вычислить остаточную дисперсию и, добавляя ее к вычисленным значениям прогноза, получить вероятные верхнюю и нижнюю границы изменения коэффициентов. Заметим, что исходные данные в экономике, естественно, являются дискретной выборкой с определенным шагом по времени, поэтому для расчета спек-

тра и сглаженной функции используется так называемое быстрое преобразование Фурье.

Метод огибающих. Возможен и иной способ получения границ изменения прогнозируемой функции без вычисления аналитического сигнала. Для этого нужно использовать преобразование Гильберта и получить огибающие случайного процесса, как показано на рисунке. Математические выкладки опустим ввиду их сложности. Достаточно сказать, что готовые программы преобразований Фурье и Гильберта есть в различных прикладных пакетах, например в MathCAD или MathLab.

Нечеткая регрессия. Вместо получения классической регрессии и введения границ изменения прогнозируемых значений можно сразу рассчитывать нечеткую регрессионную модель, коэффициенты которой являются нечеткими числами, а именно интервальную функцию

$$y = A_0 + A_1x + A_2x^2 + \dots + A_nx^n = \sum_{i=0}^n A_i x^i,$$

где A_i – треугольные числа, то есть числа, заданные в виде интервала с центром a_i и шириной c_i ;

x_i – наблюдаемая переменная, в нашем случае время t .

В теории нечетких множеств [3] A_i называется нечетким числом с функцией принадлежности, имеющей в данном случае вид равнобедренного треугольника. Порядок полинома n можно выбрать равным порядку, полученному при построении тренда, рассмотренного выше.

Функция y называется интервальной, поскольку ее значения определяются в виде оценочных интервалов, то есть для каждого x_i должны включать исходные значения y_i , $i = 1, \dots, N$. Ширину оценочных интервалов желательно минимизировать.

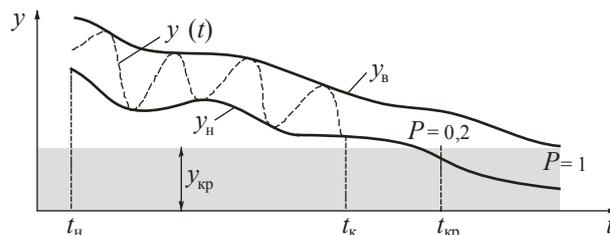


Рисунок. Оценка вероятности критической ситуации методом огибающих

Таким образом, для нахождения нечетких коэффициентов $A_i = (a_i, c_i)$ интервальной функции получаем следующую задачу нелинейного программирования:

минимизировать

$$S = \sum_{j=1}^N \sum_{i=0}^n c_i x_i$$

при ограничениях (для всех $i = 1, \dots, N$)

$$y_i \geq \sum_{i=0}^n a_i x_i - c_i |x_i|; y_i \leq \sum_{i=0}^n a_i x_i + c_i |x_i|; c_i \geq 0,$$

Данная задача легко решается на Excel методом поиска решений.

Определение вероятности кризисной ситуации. Пусть теперь $y(t)$ – прогнозируемые значения коэффициента, $y_{кр}$ – критическое значение, $y_b(t)$ и $y_n(t)$ – верхние и нижние границы изменения прогнозируемых значений соответственно. Тогда функция вероятности критической ситуации (рисунок) определяется по формуле

$$P[y(t) < y_{кр}] = \begin{cases} 0, y_{кр} < y_n(t); \\ \frac{y_{кр} - y_n(t)}{y_b(t) - y_n(t)}, y_b(t) > y_{кр} > y_n(t); \\ 1, y_{кр} > y_b(t). \end{cases}$$

Теперь легко оценить время $t_{кр}$, которое пройдет до начала кризисной ситуации

при условии, что ее вероятность превысит некоторую величину, например 20 %

$$t_{кр} = \arg[P(y(t) < y_{кр}) > 0,2].$$

В случае, если расчет функций вероятностей выполняется для нескольких коэффициентов, суммарная вероятность критической ситуации для предприятия определяется по известной формуле произведения вероятностей (если предположить, что коэффициенты независимы).

В настоящее время реализуется первая версия программы расчета вероятности и времени начала кризисной ситуации на базе Excel и Visual Basic. Исходные данные автоматически загружаются из «1С: бухгалтерии» методом экспорта, при расчете пользователю предоставляется возможность выбора как коэффициентов эффективности деятельности, так и метода прогнозирования.

Библиографический список

1. Птускин, А.С. Нечеткие модели и методы в менеджменте / А.С. Птускин. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2008.
2. Шахтарин, Б.И. Обнаружение сигналов / Б.И. Шахтарин. – М.: Гелиос АРВ, 2006.
3. Прикладные нечеткие системы / Под ред. Т. Терано, К. Асаи, М. Сугэно. Пер. с японского и предисловие Ю.Н. Чернышова. – М.: Мир, 1993.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Л.Н. КАЗНОВСКАЯ, доц. каф. менеджмента и маркетинга МГУЛ, канд. экон. наук

caf-mim@mgul.ac.ru

Любое решение, принимаемое руководством и ведущими специалистами предприятия (лицом, принимающим решение, ЛПР), естественно, направлено на улучшение положения предприятия и требует как экономического обоснования, так и оценки его эффективности.

Несмотря на то что в бизнес-плане как основном документе, обосновывающем необходимость принятия решения, предусмотрен раздел экономической оценки, эта оценка основана на экспертных оценках и является прогнозной. Реальная же оценка финансовых результатов, полученных через некоторое время после внедрения решения, весьма

сложна, поскольку, например, выделить из доходных статей бюджета предприятия ту составляющую, которая относится к данному решению, практически невозможно. Даже если эффект, например, от внедрения новой технологии, увеличивающей выпуск продукции, с первого взгляда очевиден и обозначен в бизнес-плане, на деле эта продукция должна быть востребована потребителем, что уже зависит от многих факторов рынка, и реальные результаты практически всегда расходятся с ожидаемыми.

То же самое можно сказать и о рекламе, необходимость которой в настоящее время даже не обсуждается, но определить, скажем,

насколько увеличился объем продаж за счет рекламы, ЛПР практически не может. Некоторым исключением является реклама через Интернет и то при условии, что пользователь перешел по ссылке в интернет-магазин и приобрел товар. Однако и здесь полученная оценка является заниженной, поскольку не учитывает отложенный спрос, когда пользователь, привлеченной рекламным баннером, «зашел» в магазин значительно позже, когда у него появились средства или необходимость покупки. При этом может оказаться, что покупатель зашел в магазин через поисковую систему, то есть его решение о покупке не связано с рекламной компанией. Для оценки эффективности решений, особенно рекламного характера, часто применяют опрос покупателей о том, как они узнали о товаре. Однако и здесь оценка в значительной мере занижена, поскольку определяется желанием или нежеланием покупателя обсуждать свои решения.

Управленческие решения в целом можно рассматривать с двух точек зрения: 1) своевременности принятия решений и 2) экономической эффективности затраченных средств при внедрении решения.

Определение своевременности решений играет важную роль в случае, когда показатели предприятия снижаются до критических значений и необходимо принимать антикризисные меры. Здесь первостепенное значение имеет оценка действий ЛПР: если до сих пор большинство его решений не приводило к улучшению показателей, то необходимо рассмотреть вопрос о его замене и привлечении антикризисного управляющего, и наоборот, если решения ЛПР были своевременны, но ситуация все же остается критической, ему можно доверить принятие более жестких мер по выходу из кризиса.

Для оценки работы ЛПР в данной статье предлагается новая методика, основанная на сравнительном анализе динамики изменения основных показателей деятельности предприятия, руководимого ЛПР.

Пусть задан один из основных показателей деятельности предприятия $y(t)$ за последний период (например, выручка от продаж) и известны моменты времени (даты) t_{y1} , t_{y2} , t_{y3} , ... принятия управленческих решений

S_1, S_2, S_3, \dots и средства s_1, s_2, s_3, \dots , затраченные на их внедрение. Кроме того, введем период ожидаемой реакции τ_p , например равный 10 дней, в течение которого показатель $y(t)$ должен начать улучшаться в результате внедрения текущего решения.

Очевидно, что показатель $y(t)$ как функция времени t имеет колебательный характер, поскольку зависит от множества внешних и внутренних факторов, и цель ЛПР оперативно реагировать на динамику изменения $y(t)$ и принимать решения с целью увеличения этого показателя.

Для оценки своевременности решений, прежде всего, определим моменты времени $t_{\max i}$ и $t_{\min i}$, когда показатель $y(t)$ достигает максимальных и минимальных значений соответственно (рисунок). Высота решений S_k на рисунке для наглядности выбрана пропорциональной затраченным средствам s_k .

Замечание 1

Для нахождения времени экстремальных значений функции, заданной числовым рядом с постоянным шагом, обычно используют вычисление первой производной, которая в данном случае заменяется конечной разностью. Например, при аппроксимации функции полиномом четвертой степени производная функции $y(t)$ в точке t_i вычисляется по формуле

$$dy/dt = (1/12h)(y_{i-2} - 8y_{i-1} + 8y_{i+1} - y_{i+2}),$$

где $h = t_i - t_{i+1}$.

Далее определяется знак изменения производной: если в момент времени t_i знак производной меняется с плюса на минус, то имеем максимум, если с минуса на плюс, то минимум.

Замечание 2

Поскольку на практике используют несколько различных показателей, моменты времени максимумов и минимумов вычисляются отдельно для каждого показателя, затем все моменты времени объединяются в два множества. Для показателей, положительный эффект от которых соответствует их уменьшению, например для себестоимости, моменты времени максимального значения добавляются к множеству моментов минимума и наоборот.

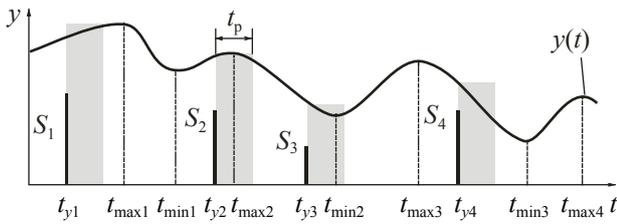


Рисунок. К определению эффективности управленческих решений

Вычислим промежутки времени от момента (даты) принятия решения S_k до ближайших максимума и минимума по формулам

$$\tau_{\max k} = \min \{ t_{\max i}; t_{\max i} > t_{yk} \} - t_{yk};$$

$$\tau_{\min k} = \min \{ t_{\min i}; t_{\min i} > t_{yk} \} - t_{yk}.$$

Например, для решения S_4 на рисунке

$$\tau_{\max 4} = t_{\max 4} - t_{y4}; \tau_{\min 4} = t_{\min 3} - t_{y4}.$$

Определим теперь степень своевременности принятия решения S_k по формуле

$$K_k = \begin{cases} 1, & \text{если } \tau_{\min k} > \tau_{\max k} \text{ и } \tau_{\max k} > \tau; \\ 0, & \text{если } \tau_{\min k} > \tau_{\max k} \text{ и } \tau_{\max k} < \tau; \\ 1, & \text{если } \tau_{\min k} < \tau_{\max k} \text{ и } \tau_{\min k} < \tau; \\ 0, & \text{если } \tau_{\min k} < \tau_{\max k} \text{ и } \tau_{\min k} > \tau. \end{cases}$$

Как видно из этой формулы, все решения делятся на четыре типа. Решения первого и второго типов принимаются в условиях, когда показатель $y(t)$ находится на подъеме. Если при этом после принятия решения подъем продолжается, то решение считается своевременным (степень обоснованности равна 1), если же в течение периода ожидания реакции τ_p начинается спад показателя, то решение принято неправильное и его степень обоснованности принимается равным 0. Решения третьего и четвертого типов принимаются в условиях, когда показатель $y(t)$ находится на спаде. Если после принятия решения в течение периода ожидания реакции τ_p спад прекращается и начинается подъем, то решение считается своевременным (степень обоснованности равна 1), если же спад показателя

продолжается после периода ожидания, то решение принято неправильное и его степень обоснованности принимается равным 0.

Теперь качество работы ЛПР можно оценить по формуле

$$K_{\text{ЛПР}} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N K_k,$$

где N – число принятых решений. Очевидно, что значение $K_{\text{ЛПР}} > 0,8$, например, свидетельствует о полном соответствии ЛПР занимаемой должности, а в случае, например, $K_{\text{ЛПР}} < 0,5$ ЛПР необходимо заменить, а если для предприятия наступила критическая ситуация, то в какой-то степени нужно обвинить в этом именно ЛПР.

Если принять, что в качестве показателя $y(t)$ выбрана выручка от продаж или иной стоимостной показатель, то экономическую эффективность принятых решений первого и третьего типов в данной методике можно оценить по формуле

$$\Theta_k = \int_{t_{yk}}^{t_{\max k}} y(t) dt - s_k,$$

(в нашем случае интеграл можно заменить суммой), то есть вычислив дополнительную выручку, полученную предприятием до момента, когда она (выручка) начнет снижаться, и вычитая из этой выручки расходы на внедрение решения. В случае решений второго и четвертого типа экономический эффект не достигнут, а потраченные средства следует взять со знаком минус. Далее легко рассчитать общий эффект от решений, принимаемых ЛПР.

Методика расчета двух параметров (обоснованности и экономической эффективности) решений, принимаемых для управления предприятием, предложенная в данной статье, легко реализуется на табличном процессоре Microsoft Excel и может быть использована при аудите предприятия и антикризисном управлении.

РЕЖИМЫ БЕЗДЕФЕКТНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ, КООРДИНИРОВАННЫЕ ПО ИХ ТЕКУЩЕЙ ВЛАЖНОСТИ *

И.М. МЕРКУШЕВ, *проф. каф. технологии мебели и изделий из древесины МГУЛ, канд. техн. наук*

caf-mebel@mgul.ac.ru

Для построения безопасных режимов сушки пиломатериалов требуется выявление и научное обоснование всех факторов, влияющих на влажностно-деформативное состояние высушиваемых пиломатериалов.

а. Обоснование критерия безопасности режимов сушки

Критерий безопасности режима сушки определяет, насколько он предохраняет древесину от разрушения под действием в ней внутренних напряжений. Его оценивают отношением предела прочности древесины к максимальным напряжениям в ней $B = \sigma_{пр} / \sigma_{max}$. Эта оценка относится к единичному сортименту и даже к отдельной его зоне [1, с.103, ф. 111, рис. 46].

Для партии высушиваемых пиломатериалов, где каждая доска имеет свою величину предела прочности, критерий безопасности режима, как и коэффициент запаса прочности K , должен определяться из отношения предела прочности древесины, отражающего всю генеральную статистическую совокупность множества наблюдений над объектом исследования, к допускаемому напряжению, при котором не происходит разрушение древесины ни в одной доске, равному

$$|\sigma| = \sigma_{пр} - 3\sigma, \quad (1)$$

где $\sigma_{пр}$ – генеральное среднее (математическое ожидание) предела прочности;
 σ – среднее квадратическое отклонение предела прочности

$$B = \sigma_{пр} / (\sigma_{пр} - 3\sigma) = K. \quad (2)$$

При всех видах механических испытаний величина коэффициента запаса прочности близка к 2, в частности, по [2, с. 154, рис. 40, 41] $K = 1,9...2$. И для обеспечения безопасности режимов сушки принимаем $K = 2$.

По закону Гука, внутренние напряжения пропорциональны упругим деформациям ε : предел прочности – предельным деформациям: $\sigma_{пр} = E \varepsilon_{пр}$, допускаемые напряжения $|\sigma|$ – допустимым деформациям $|\varepsilon|$: $|\sigma| = E |\varepsilon|$. Из их соотношения $\sigma_{пр} / |\sigma| = \varepsilon_{пр} / |\varepsilon| = K$ вытекает условие безопасности режима сушки. Это допустимая упругая деформация удлинения поверхностного слоя сортимента в тангенциальном направлении $\varepsilon_{удл}$ от его усушки U_T (стесненной противодействием центральной зоны сортимента), не достигающая предельной деформации $\varepsilon_{пр}$ с гарантированным запасом прочности $|\varepsilon| = \varepsilon_{удл} < U_T \leq \varepsilon_{пр} / K$. Допустимая тангенциальная усушка U_T , а по сути перепад усушки по толщине сортимента ΔU_s , является оптимальным критерием безопасности режима конвективной сушки пиломатериалов

$$U_T = \Delta U_s = 0,5 \varepsilon_{пр}. \quad (3)$$

Т а б л и ц а 1

Показатели предела прочности σ_0 , жесткости E_0 , предельной деформации при тангенциальном растяжении древесины основных пород $\varepsilon_{пр}$, допустимого перепада относительной усушки по толщине сортиментов ΔU_s и допустимой усушки в процентах U_T .

Древесные породы	r_0 , кг/м ³	σ_0 , МПа	E_0 , МПа	$\varepsilon_{пр}$	ΔU_s	U_T , %
Лиственница	520	0,6	40	0,015	0,0075	0,75
Сосна	400	0,5	20	0,025	0,0125	1,25
Ель	360	0,5	20	0,025	0,0125	1,25
Кедр	350	0,3	18	0,017	0,0085	0,85
Дуб	560	0,8	35	0,023	0,0115	1,15
Клен	550	0,9	25	0,036	0,0180	1,80
Ясень	550	1,0	40	0,025	0,0125	1,25
Бук	530	0,5	32	0,016	0,0080	0,80
Береза	500	0,5	20	0,025	0,0125	1,25

* Статья публикуется в порядке обсуждения

б. Обоснование величины предельной деформации

Величина предельной деформации древесины $\varepsilon_{пр}$ установлена по известным показателям предела прочности и жесткости при растяжении в тангенциальном направлении, опубликованным для 9 древесных пород в работе [3, с. 36, табл. 1.1], по формуле Гука, а допустимый перепад усушки – по ф.(3) (см. табл. 1). Средняя допустимая усушка $U_T = 1,25 \pm 0,5 \%$.

в. Обоснование допустимого перепада влажности по толщине высушиваемых пиломатериалов

В высушиваемой древесине удаление связанной влаги из стенок мелких клеток сопровождается их усушкой, в то время когда в полостях крупных клеток и сосудов содержится свободная вода, т.е. когда средняя влажность высушиваемого материала выше предела насыщения волокна 30 %. Таким одновременным удалением влаги из разноразмерных клеток и объясняется фактор нелинейной усушки древесины, обнаруженный разными учеными. На основе анализа данных [4, рис. 2.10] автором получены в работе [5] выражения влажности, от которой начинается усушка, $W_H, \%$

$$W_H = 33.3\rho_6^{0.12}. \quad (4)$$

и допустимого перепада влажности по его толщине $\Delta W_S = W_{ц.} - W_{пов.}, \%$

$$\Delta W_S = 123 \varepsilon_{пр}^{0.333}. \quad (5)$$

В табл. 2 занесены параметры, рассчитанные по этим формулам.

г. Обоснование допустимого перепада поверхностной влажности высушиваемых пиломатериалов

Зависимость перепада поверхностной влажности сортифта $\Delta W_{п.} = W_{пов.} - W_{р.}, \%$ от скорости циркуляции сушильного агента v (м/с) получена путем компьютерной обработки материалов по экспериментальному исследованию в производственных условиях влияния скорости циркуляции сушильного агента на влажность высушиваемых пиломатериалов [6, рис. 32]

$$\Delta W_{п.} = W_{п.} - W_{р.} = 6 / v. \quad (6)$$

д. Характер распределения влаги по толщине сортифта

Влажность высушиваемого сортифта на расстоянии $0 \leq x < 1$ от центра $W(x), \%$ складывается из равновесной влажности $W_p, \%$, перепада поверхностной влажности $\Delta W_{п.}, \%$ и перепада по толщине сортифта $\Delta W_s, \%$ и распределена по ней в направлении x от оси обратной параболической функцией. При влажности, от которой начинается усушка W_H , ее можно выразить формулой

$$W(x) = W_H - \Delta W_s x^n. \quad (7)$$

Показатель степени n в фазе нерегулярного режима изменяется в пределах $\infty > n \geq 2$ при снижении до средней переходной влажности $W_{пер.}$

$$W_{пер.} := W_H - \int_0^1 \Delta W_s \cdot x^2 dx, \quad (8)$$

чему соответствует допускаемая начальная равновесная влажность

$$W_{р.} = W_H - \Delta W_s - \Delta W_{п.}. \quad (9)$$

Далее равновесная влажность снижается либо пропорционально снижению средней влажности W_c в т.н. «простом режиме» при постоянном соотношении $W_{р.} / W_{пер.}$ по формуле (9)

$$W_{р.}(W_c) = W_c * W_{р.} / W_{пер.}, \quad (10)$$

либо параллельно ей в т.н. «форс-режиме» по формуле (10).

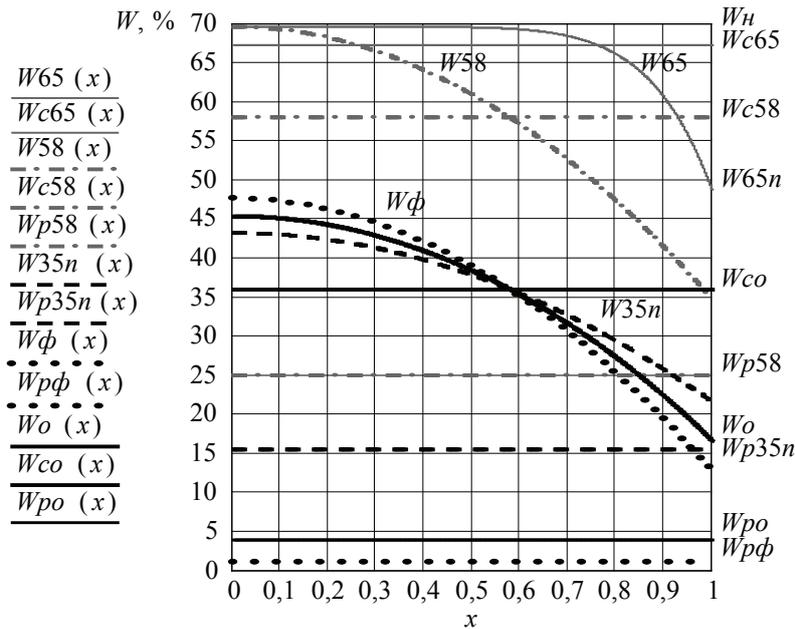
$$W_{р.ф.}(W_c) = W_H * W_{р.} / W_{пер.} - W_H + W_c. \quad (11)$$

На рис. 1 даны кривые распределения влаги по толщине сортифта на разных этапах процесса, построенные по формулам (7–12) (при начальных условиях: $W_H = 70 \%$, $\Delta W_s = 35 \%$, $\Delta W_{п.} = 10 \%$). В начале процесса перепад влажности по толщине сортифта $\Delta W_s = W_H - W_{65}$ возрастает до 35 % и влажность стабилизируется на уровне первой переходной влажности $W_{с58}(x) = 58 \%$ (штрих-пунктир). Затем процесс замедляется пропорционально снижению равновесной влажности в простом режиме (пунктир) или параллельно ей в фазе постоянной скорости сушки форс-режима (точечный пунктир) В конечной фазе нерегулярного режима затухание процесса происходит по схеме простого режима. Средний режим между простым и форс-режимом – оптимальный режим (толстые непрерывные линии) ускоряет процесс сушки щадящим образом. Его равновесная влажность выражается формулой (12)

$$W_{р.о.}(W_c) := W_{р.} \cdot W_c^2 \cdot (W_{пер.} \cdot W_H)^{-1}. \quad (12)$$

Осредненные значения допускаемой усушки основных древесных пород U_r , %, максимально допустимого перепада влажности по толщине сортимента ΔW_s , %, начальных ее значений W_n , %, первой переходной влажности: средней по толщине доски W_{c1} , % и поверхностной $W_{п1}$, %

Древесные породы	ρ_{62} , кг/м ³	ϵ_{np}	U_r , %	ΔW_s , %	W_n , %	W_{c1} , %	$W_{п1}$, %
Кедр, Ель	355	0,025	1,05	33,8	67,4	56,5	33,2
Сосна	400	0,025	1,25	36,0	68,3	56,3	32,3
Береза	500	0,025	1,25	36,0	70,2	58,2	34,2
Лиственница, Бук	525	0,015	0,77	30,7	70,6	60,4	39,9
Ясень, Дуб	555	0,024	1,20	35,5	71,1	59,3	35,9
Клен	550	0,036	1,80	40,7	71,0	57,4	30,3



Безразмерная координата от оси до поверхности сортимента

Рис. 1. Кривые распределения влаги по толщине сортимента при сушке, построенные по формулам (7–12)

е. Зависимость психрометрической разности сушильного агента от температуры и равновесной влажности древесины

Функциональная зависимость психрометрической разности от температуры и равновесной влажности древесины $\Delta t (W_p, t)$ получена автором по программе *MathCAD* [7] графоаналитическим методом — переводом в графическую форму базы данных $\phi(t, \Delta t)$ из психрометрической таблицы [8, с. 34, табл. 4.5] и данных $\phi(t, W_p)$ из диаграммы равновесной влажности [1, с. 30, рис. 11]. Конгруэнтным совмещением подбираемых кривых $\phi_t(\Delta t)$ и $\phi_t(W_p)$ с соответствующими базовыми кривыми из психрометрической таблицы и диаграммы равновесной влажности получены уравнения

$$\phi(\Delta t, t) := 100^{1 - A_t \cdot \Delta t^{B_t}}, \quad (13)$$

$$\phi(W_p, t) := 100^{1 - (C_t)^{D_t - W_p^{E_t}}}, \quad (14)$$

и к ним показательно-степенные комплексы функции температуры

$$A_t := 0,006 + 10^{-5} \cdot (120 - t)^{1,46}, \quad (15)$$

$$B_t := 1,074 + 10^{-17} \cdot (146 - t)^{7,77}, \quad (16)$$

$$C_t := 1,88 - 0,0025 \cdot t, \quad (17)$$

$$D_t := 1,44 - 0,0111 \cdot t, \quad (18)$$

$$E_t := 0,66 + 10^{-6} \cdot t^{2,6}. \quad (19)$$

На заключительном этапе из равенства (13) и (14) выведено базовое уравнение психрометрической разности $\Delta t(W_p, t)$ (20) являющееся главным инструментом для расчетов безопасных режимов конвективной сушки пиломатериалов

$$\Delta t(W_p, t) := [(A_t)^{-1} \cdot (C_t)^{D_t - W_p^{E_t}}]^{(B_t)^{-1}}. \quad (20)$$

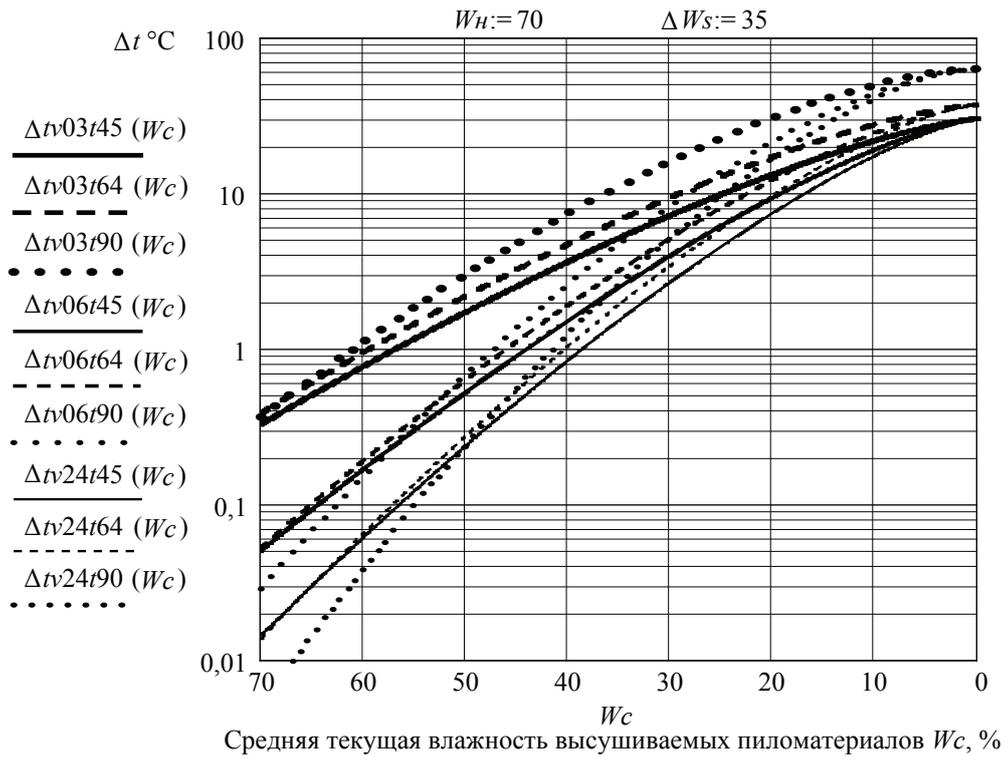


Рис. 2. Безопасные режимы сушки пиломатериалов, координированные по средней текущей их влажности: кедр, ель, сосна, береза, ясень, дуб

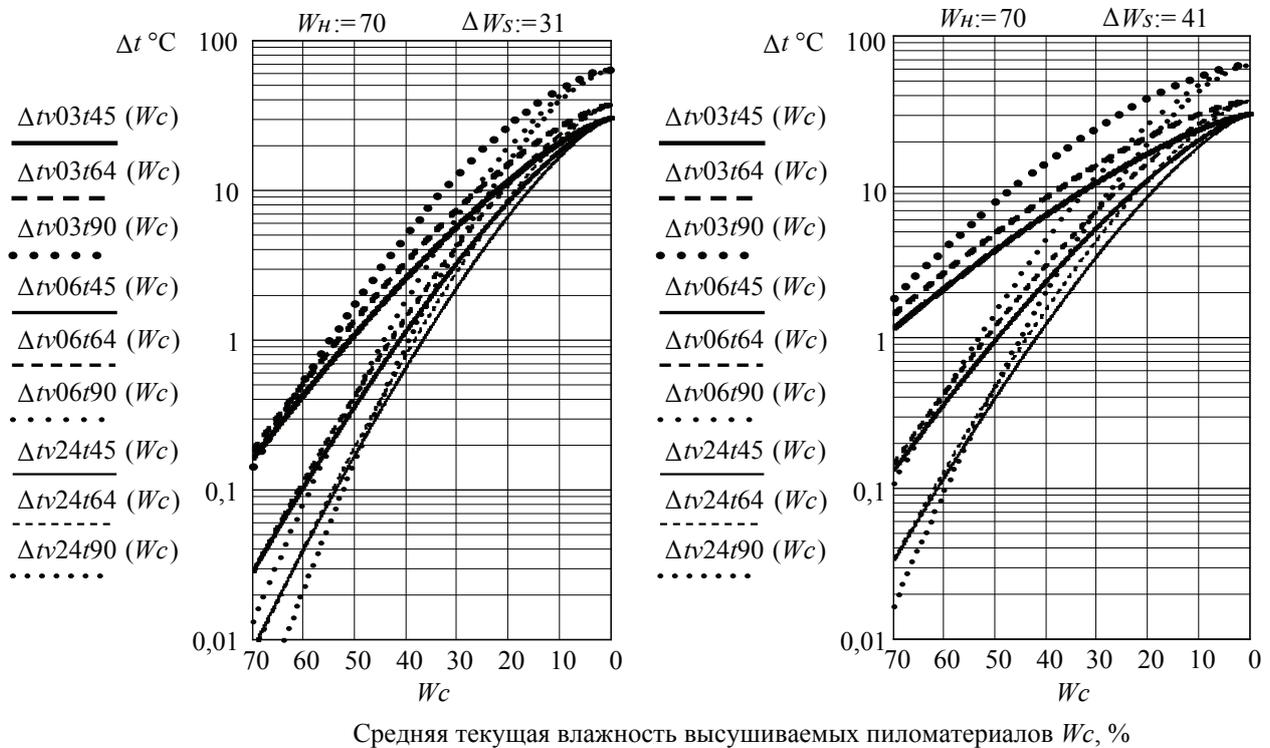


Рис. 3. Безопасные режимы сушки пиломатериалов, координированные по средней текущей их влажности: бук и лиственница (слева), клен (справа)

ж. Метод расчета и построение безопасных режимов сушки пиломатериалов по их текущей влажности

Совместным решением выражения $\Delta t(W_p, t)$ (20) с функцией равновесной влажности $W_{po}(W_c)$ (12) получено трансцендентное уравнение безопасной психрометрической разности $\Delta t(t, W_c)$ для расчета оптимальных режимов сушки пиломатериалов, координированных непосредственно по средней текущей влажности (21)

$$\Delta t(W_c) := [(A_t)^{-1} \cdot (C_t)^{D_t - W_{po}(W_c)^{E_t}}]^{(B_t)^{-1}}. \quad (21)$$

По нему рассчитаны безопасные режимы сушки пиломатериалов (при $t = 45, 64$ и 90°C , $v = 0,3; 0,6$ и $2,4$ м/с, $\Delta W_s = 31, 35$ и 41%) (рис. 2 и 3)

Библиографический список

1. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 510 с.
2. Борисенко, Н.Ф. Исследование механических свойств чистой древесины в хвойных пиломатериалах, оцененных силовым методом: дисс. ... канд. техн. наук / Н.Ф. Борисенко. – М., 1975.
3. Уголев, Б.Н. Контроль напряжений при сушке древесины / Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов. – М.: Лесная пром-сть, 1980 – 208 с.
4. Галкин, В.П. Дистанционный контроль конечной влажности пиломатериалов при сушке в камерах периодического действия: дисс. ... канд. техн. наук / В.П. Галкин. – М., 1986.
5. Меркушев, И.М. Метод расчета усушки древесины и допустимого перепада влажности по толщине сортимента / И.М. Меркушев // Технология и оборудование для переработки древесины: сб. науч. тр. – Вып. 338. – М.; ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – С. 40–45
6. Меркушев, И.М. Исследование циркуляционных характеристик лесосушильных камер: дисс. ... канд. техн. наук / И.М. Меркушев. – М.
7. Кирьянов, Д.В. *MathCAD-12* / Д.В. Кирьянов. – Петербург – БХВ, 2005. – 566 с.
8. ЦНИИМОД. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов. – Архангельск, 1985. – 144 с.

Абатуров А.В. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТВЕННИЦЫ КУРИЛЬСКОЙ (*LARIX KURILENSIS* SSP. *GLABRA* DYL) НА ВЕРТИКАЛЬНОМ ПРЕДЕЛЕ ЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В ГОРАХ КАМЧАТКИ.

Проведенные нами исследования показали, что на вертикальном пределе распространения растительности в горах она может перейти к вегетативному размножению, образуя простертые биоморфы – клоны, успешно противостоящие неблагоприятным природным условиям.

Ключевые слова: вертикальный предел распространения, простертые биоморфы.

Abaturov A.V. MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE LARCH KURIL (*LARIX KURILENSIS* SSP. *GLABRA* DYL) ON THE VERTICAL LIMIT OF ITS DISTRIBUTION IN MOUNTAINS OF KAMCHATKA.

The researches carried out by us have shown, that on a vertical limit of distribution of vegetation in mountains, it can pass to vegetative reproduction, forming the decumbent biomorphs – the clones successfully resisting to an adverse environment.

Keywords: vertical limit of the distribution, the proerased biomorphs.

Камышова Л.В., Кулагин А.А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ БУЗУЛУКСКОГО БОРА.

Исследовалась структура и особенности естественного возобновления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) под пологом леса на территории Бузулукского бора. Показано, что наилучшее возобновление характерно для мшистых типов леса.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, естественное возобновление.

Kamyshova L.V., Kulagin A.A. ECOLOGICAL FEATURES OF NATURAL RENEWAL OF THE PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) UNDER BED CURTAINS OF WOOD IN THE CONDITIONS OF THE BUZULUKSKY PINE FOREST.

The structure and features of natural renewal of a pine (*Pinus sylvestris* L.) was investigated under wood bed curtains in territory of the Buzuluksky pine forest. It is shown that the best renewal is characteristic for mossy types of wood.

Keywords: pine ordinary, natural renewal.

Кекишева Ю.Е., Наквасина Е.Н. БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЕЛЬНИКОВ СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ.

Изучен состав растительности еловых лесов Плесецкого района Архангельской области. Выявлена отчетливая видовая дифференциация в зависимости от геохимических особенностей почвообразующих пород – моренных некарбонатных отложений и встречающихся локально среди них древних известково-карбонатных плит.

Ключевые слова: геохимические особенности пород, некарбонатные отложения.

Kekisheva Y.E., Nakvasina E.N. BIOGEOCHEMICAL DIFFERENTIATION OF FIR GROVES MIDDLE SUBZONE OF THE TAIGA.

The structure of vegetation of fir forests from Plesetsk district of the Arkhangelsk region is investigated. The distinct specific differentiation is revealed depending on geochemical features soilforming rocks – uncarbonatical deposit and meeting locally among them ancient lime-carbonatical plates.

Keywords: geochemical features of breeds, uncarbonatical deposit.

Наквасина Е.Н., Пономарев П.А. ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ II КЛАССА ВОЗРАСТА В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.

Изучены приживаемость и рост сосны обыкновенной в 31-летних географических культурах Плесецкого лесхоза Архангельской области. Показано влияние ростовой дифференциации древостоев на географические закономерности формирования насаждений.

Ключевые слова: приживаемость, класс возраста, ростовая дифференциация древостоев.

Nakvasina E.N., Ponomarev P.A. SURVIVAL AND GROWTH OF SCOTCH PINE OF 2-D GROWTH CLASS IN PROVENANCE TEST IN ARCHANGELSK REGION.

Survival and growth of Scotch Pine are studied in 31-years old provenance test of Plesetsk forestry of Archangelsk region. The influence of stand growth differentiation on the geographical regularity of plant form is demonstrated.

Keywords: survival, an age class, growth differentiation of forest stands.

Прокошева К.Ю. ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОМПОНЕНТЫ ЛЕСНОГО ФИТОЦЕНОЗА НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ.

В данной статье дана характеристика рекреационных ресурсов Удмуртии, а также опубликованы результаты комплексного исследования рекреационного воздействия на нижние ярусы растительности.

Ключевые слова: рекреационные ресурсы, лес, растительность.

Prokosheva K.Y. INFLUENCE OF RECREATIONAL INFLUENCE ON COMPONENTS OF WOOD IN THE TERRITORY OF UDMURTIYA.

In article the characteristic of recreational resources of Udmurtiya is given. Conclusions lead on researches of the most visited recreational woods – changes in the bottom circles of vegetation are published.

Keywords: recreational resources, wood, vegetation.

Сурсо М.В. ПЫЛЬЦЕВОЙ РЕЖИМ В ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СЕВЕРА.

Приводятся результаты изучения пыльцевого режима и аэродинамических свойств пыльцы аборигенных хвойных видов Европейского Севера России.

Ключевые слова: хвойные, пыльца, пыльцевой режим.

Surso M.V. THE POLLEN CLOUD DYNAMICS IN THE NORTH EUROPEAN CONIFER STANDS.

The data of pollen clouds fluctuation and pollen aerodynamics properties of North European conifer species are shown.

Keywords: coniferous, pollen, a pollen mode.

Полянская Т.А. СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *OXALIS ACETOSELLA* L. В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «МАРИЙ ЧОДРА».

Анализ местообитаний *Oxalis acetosella* в национальном парке «Марий Чодра» показал, что основные позиции этого вида по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова укладываются в диапазоны, приводимые автором. Только по шкале богатства почв азотом (Nt) происходит расширение шкалы в сторону уменьшения богатства почв азотом. Ценопопуляции *O. acetosella* являются молодыми, нормальными, полночленными или неполночленными, что зависит от семенного пополнения, с максимумом на особях виргинильного состояния; отмечены незначительные колебания демографических параметров, показав-

телей коэффициента возрастности, индексов восстановления и замещения, эффективности, фитомассы.

Ключевые слова: ценопопуляция, национальный парк, богатство почв, азот.

Poljanskaja T.A. CONDITION COENOPULATIONS IN THE OXALIS ACETOSELLA L. IN NATIONAL PARK « MARIA CHODRA ».

The analysis of habitats *Oxalis acetosella* in national park « Maria Chodra » has shown, that the basic positions of this kind on D.N. Tsyganova's ecological scales are stacked in the ranges, resulted (brought) by the author. Only on a scale of riches ground nitrogen (Nt) occurs expansion of a scale aside reduction of riches ground nitrogen. Coenopopulations in the *O. acetosella* are young, normal, full objective or not full objective, that depends on seed updating, with maxima on individuals virginile conditions; insignificant fluctuations of demographic parameters, parameters of factor age, indexes of restoration and replacement, efficiency, fit weight are marked.

Keywords: coenopopulations, national park, riches of soils, nitrogen.

Горобец А.И., Таранков В.И., Сизых В.Н. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УГЛЕРОДОДЕПИНИРУЮЩЕЙ И КИСЛОРОДОПРОДУЦИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИЙ ДУБРАВЫ И ВЕТЛЯНИКА.

В древостоях дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) активное нарастание прироста происходит до 46-летнего возраста, максимальный запас стволовой древесины (205 м³/га) отмечается в 86 лет. В ветлянике (*Salix alba* L.) прирост нарастает до 30-летнего возраста, максимальный запас (390 м³/га) отмечается в 45 лет. Максимальный запас углерода (108,8 т/га) в древостое ветляника отмечается в 45 лет, в древостое дубравы (78,6 т/га) в 86 лет. 45-летние древостои ветлы поглощают углекислого газа 393,1 т/га и выделяют 294,8 т/га кислорода. 86-летние дубравы поглощают углекислого газа 284,1 т/га и выделяют 213,1 т/га кислорода.

Ключевые слова: прирост, максимальный запас, углерод, кислород.

Gorobets A.I., Tarankov V.I., Sizyh V.N. COMPARATIVE ESTIMATION OF DEPOSITION OF CARBON AND ALLOCATION OF OXYGEN IN THE OAK GROVE AND THE FOREST STAND OF THE WILLOW.

In forest stands of an oak (*Quercus robur* L.) active increase of a gain occurs up to 46-years age, the maximal stock of wood of trunks (205 m³/ha) is marked in 86 years. In a forest stand of a willow (*Salix alba* L.) a gain accrues up to 30-years age, the maximal stock (390 m³/ha) is marked in 45 years. The maximal stock of carbon (108,8 t/ha) in a forest stand of a willow is marked in 45 years, in a forest stand of an oak grove (78,6 t/ha) in 86 years. 45-years forest stands of a willow absorb carbonic gas of 393,1 t/ha and allocate 294,8 t/ha of oxygen. 86-years oak groves absorb carbonic gas of 284,1 t/ha and allocate 213,1 t/ha of oxygen.

Keywords: gain, the maximum stock, carbon, oxygen.

Тибуков А.В. ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСА ПОСЛЕ СПЛОШНОЙ РУБКИ В ЕЛЬНИКЕ ЧЕРНИЧНОМ.

В статье представлены материалы 20-летних исследований формирования типов выруб и начальных этапов типа леса после сплошной рубки в ельнике черничном.

Ключевые слова: рубка леса, тип вырубки, возобновление леса, биогруппа ели.

Tibukov A.V. FORMING OF THE FOREST AFTER CLEAR-CUTTING IN PICEETUM MYRTILLOSUM.

There are presents the materials of 20-year investigations of clear-cut types forming and initial stages of forest-types after clear-cut in a *Piceetum myrtillosum*.

Keywords: wood cabin, cutting down type, wood renewal, biogroup fur-trees.

Шматова Л.М., Анищенко Л.Н., Самошкин Е.Н. БРИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ СРЕДЫ ВБЛИЗИ ОБЪЕКТА ХРАНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ (ОХХО) БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ.

В напочвенном покрове в 700 м от объекта обнаружено 6 видов бриофитов, в 1000 м – всего 3, в 1500 м – 5, в контроле – 7; на деревьях сосны в 700 м – 3 вида, в 1000 м – 2, в 1500 м – 3 вида, в контроле – 5, в 1000 м – наименьшее (1,4 %) увеличение проектного покрытия за год.

Ключевые слова: биоиндикация, бриофиты, химическое оружие.

Shmatova L.M., Anishenko L.N., Samoshkin E.N. THE BRIOINDICATIONAL ESTIMATION OF THE CONDITIONS OF ENVIRONMENT'S COMPONENTS NEAR THE OBJECT OF THE CHEMICAL WEAPONS STORAGE IN BRYANSK REGION.

In the ground cover in 700 meters from the object 6 species of briophytes, in 1000 meters – only 3, in 1500 meters – only 5, in the control – 7 are found; on the pine trees in 700 meters – 3 species of moss, in 1000 meters – 2, in 1500 meters – 3 species, in the control – 5; in 1000 meters – the least (1,4 %) increase in the designed covering for a year.

Keywords: bioindication, briophytes, the chemical weapon.

Чернобровкина Н.П., Дорофеева О.С., Робонен Е.В. АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ХВОИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СВЯЗИ С ОБЕСПЕЧЕННОСТЬЮ БОРОМ.

Изучено влияние обеспеченности бором сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на состав свободных аминокислот хвои. Исследования проводили в условиях лесного питомника на почве, дефицитной по бору. В первой половине вегетационного периода вносили в почву различные дозы борной кислоты. Оптимизация борного питания сеянцев повысила содержание общего, белкового, небелкового азота и суммы свободных аминокислот в хвое. При этом содержание большинства аминокислот в хвое увеличивалось, а лизина, фенилаланина, глицина и гистидина снижалось, отмечалась тенденция к снижению уровня пролина, лейцина и орнитина. Токсичная доза борной кислоты снижала содержание всех форм азота и содержание большинства свободных аминокислот в хвое за исключением цистеина, уровень которого повышался.

Ключевые слова: минеральное питание, бор, азот, аминокислоты, белки, рост, сосна обыкновенная.

Chernobrovkina N.P., Dorofeeva O.S., Robonen E.V. AMINO ACID COMPOSITION IN NEEDLES OF SCOTS PINE SEEDLINGS IN RELATION TO BORON AVAILABILITY.

The effect of boron availability to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings on the composition of free amino acids in needles was studied. The study was carried out in a forest nursery over boron deficient soil. Various doses of boric acid were applied to the soil in the first half of the growing season. Optimization of boron nutrition raised the content of total, protein and non-protein nitrogen and total free amino acids in needles. The content of most amino acids in needles increased, but that of lysine, phenylalanine, glycine and histidine decreased; a downward tendency was observed in the content of proline, leucine and ornithine. The toxic dose of boric acid reduced the content of all forms of nitrogen, and the content of most free amino acids in needles, the only exception being cysteine, which concentration increased.

Keywords: a mineral food, pine forest, nitrogen, amino acids, fibers, growth, a pine ordinary.

Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А. ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.

Представлены результаты химического анализа хвои сосны обыкновенной на содержание алюминия и кремния по зонам промышленного загрязнения.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, антропогенное загрязнение, зонирование территории.

Chzhan S.A., Runova E.M., Puzanova O.A. FEATURES ACCUMULATION OF POLLUTANTS IN NEEDLES PINUS SYLVESTRIS.

The results of chemical analysis of pine needles on the content of aluminum and silicon in the zones of industrial pollution.

Keywords: pine ordinary, anthropogenous pollution, territory zoning.

Филипчук А.Н., Хлюстов Д.В., Чадин Г.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ РОССИИ.

В качестве минимальной единицы определения таксационных показателей в лесничестве предлагается страта. В целях предварительной оценки объема выборки использованы как признаки стратификации группа возраста, преобладающая порода, группа классов бонитета. Для основных лесообразующих пород модель необходимого числа пробных площадей представлена математической регрессией. Для практического использования рекомендованы модели и затабулированное количество лесотаксационных участков для соответствующей точности определения среднего запаса в лесных массивах при трех пороговых уровнях доверительной вероятности (0,68; 0,95 и 0,99).

Ключевые слова: страта, выборка, инвентаризация, стратификация, пороговый уровень.

Filipchuk A.N., Khlustov D.V., Chadin G.N. DEFINITION OF SAMPLING SIZE FOR STATE FOREST INVENTORY IN RUSSIA.

Stratum is proposed as a minimum sampling unit for survey in a forest district. Age group, prevailing tree species, site index category group were used as stratification indicators for preliminary definition of sampling unit size. Mathematic regression presents a model of required sample plots for main forest tree species. For reliable accuracy of mean growing stock estimation in forest tracks given 3 reliable accuracy threshold levels (0,68; 0,95 and 0,99) recommended models and set number of sampling plots are applied in practice.

Keywords: stratum, sample, inventory, stratification, threshold level.

Федотов Г.Н., Быстрова О.Н., Мартынкина Е.А., Путляев В.И., Шалаев В.С. О НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННЫХ ГЕЛЕЙ.

При исследовании содержания тяжелых металлов в выделяемых из почв гелях и самих почвах было показано, что прочно связанные с почвой гели содержат в десятки раз больше цинка, а легко выделяемые из почв гели содержат в десятки раз больше меди и кадмия и в несколько раз больше свинца.

Ключевые слова: почва, гели, тяжелые металлы.

Fedotov G.N., Bystrova O.N., Martynkina E.A., Putlyaev V.I, Shalaev V.S. ABOUT HETEROGENEITY OF SOIL GELS.

At research of the maintenance of heavy metals in gels allocated from soils and soils it has been shown that gels strongly connected with soil contain in tens times more zinc. Gels easily allocated from soils contain in tens times more copper and cadmium and several times more lead. The received results testify to heterogeneity of soil gels.

Keywords: soil, gels, heavy metals.

Титунин А.А. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ.

Представлен общий подход к выбору критериев для оценки эффективности использования древесных ресурсов. Предложены понятия ресурсного и экономического потенциала древесных ресурсов, а также оценочные показатели, применение которых позволяет более взвешенно вы-

бирать вариант организации производств по переработке древесных отходов. Дана в общем виде математическая модель эффективности использования отходов фанерного производства.

Ключевые слова: древесный ресурс, потенциал, отходы фанерного производства.

Titunin A.A. THE METHODOLOGICAL APPROACH TO AN ESTIMATION OF EFFICIENCY OF USE OF WOOD RESOURCES.

The general approach to a choice of criteria for an estimation of efficiency of use of wood resources is submitted. The concepts of resource and economic potential of wood resources are offered, and also estimated parameters, which application allows more is weighed to choose variant of organization of manufactures on processing wood rests. The mathematical model of efficiency of use rests of plywood manufacture is given in a general view.

Keywords: wood resource, potential, a waste of plywood manufacture.

Тулузаков Д.В., Лапшин Ю.Г., Родионов А.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В МЕБЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ.

В статье представлена методика определения ресурсосберегающих параметров древесно-стружечных плит для несущих элементов корпусной мебели, основанная на результатах прочностных расчетов, технологических зависимостей механических характеристик древесно-стружечных плит и основанная на многофакторной оптимизации этих параметров методом Соболя-Статникова.

Ключевые слова: параметр, мебельная конструкция, оптимизация, ресурс.

Tuluzakov D.V., Lapshin Yr.G., Rodionov A.I. DETERMINATION OF OPTIMUM PARAMETERS OF PARTICLE BOARDS IN FURNITURE ITEMS.

In the article is presented methods of the determination of parameters of particle boards for carrying elements of furniture, founded on result of toughness calculations, technological dependencies of the mechanical features of particle boards and founded on multifactor optimization these parameters by method of Sobol-Statnikov.

Keywords: parametre, furniture design, optimisation, resource.

Рябков В.М., Скотников Е.С., Смирнов Д.С., Лапин А.С. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОСМОЛЕНИЯ КРУПНОРАЗМЕРНОЙ ДРЕВЕСНОЙ СТРУЖКИ.

Получены постановкой факторного эксперимента в лабораторных условиях математические уравнения зависимости прочностных показателей и величины разбухания по толщине плит от коэффициента заполнения смесителя и продолжительности смешивания стружки со связующим. Определена область оптимальных параметров процесса.

Ключевые слова: древесная стружка, прочность, смеситель, оптимизация.

Ryabkov V.M., Skotnikov E.S., Smirnov D.S., Lapin A.S. OPTIMIZING RESINIFICATION OF LARGE-SIZED CUTTINGS TECHNOLOGICAL PROCESS.

Mathematical equations describing the resin-bonded chipboard's durability and swelling dependencies from the fill factor and mixing duration have been discovered during a factorial experiment. Optimal values of process variables have also been discovered.

Keywords: wood shaving, durability, the amalgamator, optimisation.

Грачев А.Н., Семенов Ю.П., Николаев А.Н., Кашапов Н.Ф., Макаров А.А. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССА БЫСТРОГО АБЛЯЦИОННОГО ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЖИДКОГО БИОТОПЛИВА.

В статье представлены схема, а также результаты экспериментальных исследований процесса быстрого абляционного пиролиза древесины. Определены зависимости скорости аб-

ляционного пиролиза и удельных энергозатрат от скорости смещения образца относительно поверхности абляции.

Ключевые слова: быстрый абляционный пиролиз, жидкое биотопливо, переработка древесных отходов.

Grachev A.N., Semenov Y.P., Nikolaev A.N., Kashapov N.F., Makarov A.A. APPLICATION OF PROCESS OF FAST ABLATIVE PYROLYSIS OF WOOD WASTE PROCESSING FOR LIQUID BIOFUEL GENERATION.

In article are presented: the scheme, and the results of experimental researches of process fast ablative pyrolysis of wood. Dependences of speed ablative pyrolysis and specific costs inputs from speed of displacement of the sample concerning a surface ablation are defined.

Keywords: fast ablation pyrolysis, liquid biofuel, wood waste processing

Афоничев Д.Н. РАЗМЕЩЕНИЕ ЛЕСОВОЗНОГО УСА НА ЛЕСОСЕКЕ.

Получена аналитическая зависимость, определяющая условие размещения уса по середине или по краю лесосеки, которая может быть использована при обосновании схем размещения внутриплощадочных дорог в осваиваемых лесных массивах с минимизацией затрат на выполнение лесосечных работ. Установлено, что при запасах древесины 150 м³/га и более размещение уса возможно как по середине лесосеки, так и по краю в зависимости от ее ширины, а при малых запасах (100 м³/га и менее) ус необходимо размещать по краю лесосеки.

Ключевые слова: ус, размещение, лесосека.

Afonichev D.N. THE STUB SPUR ROAD ARRANGEMENT ON THE CUTTING AREA.

The analytical dependence determining the condition of stub spur road arrangement in the middle or on the border of cutting area is obtained. This dependence can be applied to substantiate the arrangement schemes of on side roads in the developed forest stands with the minimized cutting area work expenses. It is established (it is found out) that with the forest density of more that 150 м³/hectare the stub spur road arrangement is possible both in the middle and on the border of the cutting area, depending on its width. However, with the forest density less than 100 м³/hectare the stub spur road should be placed on the border of the cutting area.

Keywords: stub spur road, placing, cutting area.

Кондрашова Е.В. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВАРИАНТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА НИХ.

В статье обобщены результаты современных исследований эксплуатационных свойств автомобилей. Представлен расчет расхода топлива, эмиссии токсичных веществ, выбросов вредных газообразных веществ в атмосферу при эксплуатации автотранспорта, способствующие снижению энергоемкости перевозок и улучшению экологических характеристик проектируемых дорог.

Ключевые слова: моделирование автомобильного потока, расход топлива, эмиссия токсичных веществ, режимы движения.

Kondrashova E.V. OPTIMIZATION OF PROJECT DECISIONS AT THE HIGHWAY VARIANT PLANNING AND HIGHWAY MOTION ORGANIZATION.

The article studies the modern results of researches of cars properties. The article provides the calculation of fuel consumption, issue of toxic substances, emissions of harmful gaseous substances to an atmosphere. These calculation help to cut down power consumption and to improvement of ecological characteristics of projected roads.

Keywords: design of motor-car stream, expense of fuel, emission of toxic matters, modes of motion.

Курьянов В.К., Допперт В.А. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КАТКОВ ПРИ УПЛОТНЕНИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА.

Определены области устойчивого движения вибрационного вальца катка в зависимости от относительной вынуждающей силы. Установлено, что с повышением относительной вынуждающей силы выше 2,5 нарушается контакт вальца с уплотняемой поверхностью, что приводит к снижению тягово-сцепных качеств работы вибрационных катков.

Ключевые слова: уплотняющие машины, асфальтобетонная смесь, снижение температуры, относительная вынуждающая сила.

Kurianov V.K., Doppert V.A. THE MAIN ROLLER PARAMETERS FOR UNHARD ROAD SURFACE COMPRESSING.

Determination sphere of stability working vibration roller depending on compel force. Establish that increase compel force more than 2,5 – roller contact with surface is braking that influence on roller mesh with road surface.

Keywords: roller, asphalt mix, temperature fall, compel force.

Павлов А.И., Вдовин С.Л. АВАРИЙНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ОТСЕЧНЫЙ КЛАПАН ГИДРОПРИВОДОВ ЛЕСНЫХ МАШИН.

Обосновывается конструкция аварийного автоматического отсечного клапана гидроприводов лесных машин, предназначенного для снижения потерь рабочей жидкости.

Ключевые слова: аварийный, автоматический, клапан, гидропривод.

Pavlov A.I., Vdovin S.L. AUTOMATIC EMERGENCY SHUT-OFF VALVE OF FOREST MACHINES' HYDRAULIC DRIVES.

The article deals with a substantiation of the configuration of automatic emergency shut-off valve of forest machines' hydraulics, intended for lowering the fluid waste.

Keywords: emergency, automatic, valve, hydraulic drive.

Алябьев А.Ф. МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУГРАННОГО КЛИНА С ПОЧВОЙ ПРИ СВОБОДНОМ РЕЗАНИИ.

Взаимодействие почвы с передней гранью клина рассматривается как плоская задача предельного равновесия почвы. Взаимодействие почвы с задней гранью рассматривается как задача осадки упругого полупространства. В результате получены силы, действующие на клин, угол заглубления клина, размеры элемента пласта, образующегося при резании почвы.

Ключевые слова: почва, клин, резание, модель взаимодействия.

Alyabiev A.F. MODEL OF INTERACTION TWO-SIDE WEDGE WITH SOIL WHEN FREE CUT.

Interaction soil with front side of wedge was considered as a planar problem of ultimate equilibrium of soil. Interaction soil with back side of wedge was considered as a problem of settlement of elastic semi-space. As a result we received forces, motion path of wedge, dimensions of layer elements.

Keywords: soil, wedge, cutting, interaction model.

Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Кузнецов А.В. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ (СРНС).

В данной работе проведен анализ эффективности лесотранспортных машин на основе предложенного коэффициента технологической проходимости с использованием системы GPS мониторинга для получения всех необходимых данных для расчета. Приведенная в работе ме-

тодика расчета может применяться для выбора оптимального варианта ремонта и реконструкции дороги, который обеспечивает минимум удельных затрат на содержание и ремонт дорог и вывозку леса.

Ключевые слова: лесной транспорт, эффективность, спутниковые радионавигационные системы, лесные дороги.

Shegelman I.R., Skrypnik V.I., Kuznecov A.V. ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS FOREST TRANSPORT CARS WITH USING SATELLITE RADIO NAVIGATION SYSTEM (SRNS).

The analyze of efficiency of forest transport machines based on rate of technological potency and with use of GPS monitoring for receipt of all necessary data to calculate is made. The presented methodic can be used to select the optimal variant of repairing and reconstruction of roads which provides the minimum cost for the maintains and repair of road and removal of forest.

Keywords: timber transport, the efficiency of satellite radio navigation system, forest roads.

Бурделев А.В. ВОПРОСЫ НЕЗАВИСИМОСТИ ПОРОГОВЫХ РАВНОВЕРОЯТНЫХ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ.

В статье предложен новый подход к изучению регулярных систем булевых функций – k -независимость координатных функций. В узком классе регулярных систем булевых функций – системы пороговых булевых функций – на основании доказанной теоремы о самодвойственности равновероятных пороговых булевых функций проведено облегчение критерия регулярности Хаффмана для случая нечетного числа координатных функций.

Ключевые слова: булевы функции, пороговые равновероятности, самодвойственность.

Burdelev A.V. QUESTIONS OF INDEPENDENCE THRESHOLD EQUIPROBABLE BOOLEAN FUNCTIONS.

The article offers a new way of looking on regular systems of Boolean functions. It bases on k -independence of coordinate functions. The Huffman's criterion have been lightened in class of regular systems of Boolean threshold functions, which is based on the self-duality of equiprobable threshold functions theorem.

Keywords: boolean functions, threshold equiprobability, a self-duality.

Ильющенко И.С. ИНТЕГРАЛЬНЫЙ МЕТОД КАЛИБРОВКИ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ.

Рассматривается задача компенсации систематической ошибки измерений датчика угловой скорости по измерениям углового положения с целью повышения точности измерения угловой скорости. В работе рассматривается общий случай углового движения космического аппарата. Приведено решение задачи компенсации ухода нуля и перекоса чувствительных осей датчика, не требующее специальных разворотов аппарата. Рассмотрена задача оптимизации решения за счет введения специальных поворотов. Построены численные методы интегрирования полученных выражений и определены точности данных методов.

Ключевые слова: датчик, угловая скорость, космический аппарат, численные методы.

Ilyushchenko I.S. THE INTEGRATED METHOD OF CALIBRATION OF PARAMETERS OF THE GAUGE OF ANGULAR SPEED.

A task is examined: indemnification of systematic error of angular speed sensor measuring by angular position measuring with a purpose of increase angular speed measuring exactness. General case of angular motion of space vehicle is examined in this work. Decision of task of indemnification of zero and defect of sensible sensor axes leaving, not requiring special vehicle

turn, is resulted. Task of decision optimization due to introduction of the special turns is considered. Numeral methods of integrating got expression were built and exactness of these methods was defined.

Keywords: sensor, angular speed, space vehicle, numerical methods.

Алексеев В.В., Исаев В.М. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УГОЛ–ПАРАМЕТР–КОД И ИХ ОСНОВНЫХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ.

Разработаны и предложены математические модели и алгоритмы определения интегральной точностной характеристики – информационной способности преобразователей угол–параметр–код и их основных составных частей.

Ключевые слова: интегральная точностная характеристика, преобразователь.

Alekseev V.V., Isaev V.M. INTEGRATED ESTIMATION OF ACCURACY OF CONVERTERS THE CORNER-PARAMETER-CODE AND THEIR BASIC COMPONENTS.

Mathematical models and algorithms of definition of the integrated exact characteristic – are developed and offered to information ability of converters a corner-parameter-code and their basic components.

Keywords: integrated exact characteristic, the converter.

Антошина М.В., Антошина И.В. ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ.

Разработана новая иерархическая система характеристик качества инженерных графических редакторов. Для оценки качества и выбора инженерных графических редакторов может быть применена данная система характеристик качества.

Ключевые слова: инженерный графический редактор, иерархическая система, оценка качества.

Antoshina M.V., Antoshina I.V. ABOUT QUALITY ASSESSMENT OF ENGINEERING GRAPHICAL EDITORS.

Developed new hierarchical system of quality characteristics for engineering graphic editors. This system of quality characteristics may be used for quality assessment and choosing engineering graphic editors.

Keywords: the engineering graphic editor, hierarchical system, quality estimation.

Борисов А.А., Исаев В.М. О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.

Дано научное обоснование методологических подходов к оценке надежности сложной электронной компонентной базы (ЭКБ) нового поколения и представлены математические модели (включая аналитические выражения) для проведения оценки, в том числе ускоренной, показателей безотказности ЭКБ

Ключевые слова: методология, надежность ЭКБ, безотказность.

Borisov A.A., Isaev V.M. ABOUT SOME APPROACHES TO THE ESTIMATION OF RELIABILITY OF COMPLEX (DIFFICULT) ELECTRONIC COMPONENTAL BASE OF NEW GENERATION.

The scientific substantiation of methodological approaches to an estimation of reliability of complex (difficult) electronic componental base (ECB) of new generation is given and mathematical models (including analytical expressions) for carrying out of an estimation, including accelerated, parameters of non-failure operation ECB are submitted

Keywords: methodology, reliability ECB, non-failure operation.

Облакова А.В., Трегуб А.В., Трегуб И.В. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ АБОНЕНТОВ СОТОВОГО ОПЕРАТОРА.

В статье рассматриваются вопросы особенностей развития российского рынка сотовой связи. Одной из важнейших характеристик деятельности сотового оператора является число его абонентов. В статье предлагаются эконометрические модели прогнозирования числа абонентов одного из операторов «большой тройки», построенные с применением логарифмического тренда и логистической функции. Обе модели имеют достаточно высокую объясняющую способность, что подтверждается проведенными тестами.

Ключевые слова: сотовая связь, рынок сотовой связи России, динамика числа абонентов, прогнозирование, логистическая функция, логарифмический тренд, метод наименьших квадратов.

Oblakova A.V., Tregub A.V., Tregub I.V. MATHEMATICAL MODEL OF THE ABONENT DYNAMIC OF THE CELLURAL OPERATOR.

This paper surveys specific features of Russian market of mobile communications. One of the most important factors that the cellular operator takes into account while analyzing its activity is the number of subscribers. This paper presents econometric models forecasting the number of subscribers of one of the largest cellular operators in Russia. These models are based on logistic trend and logistic function and are characterized by a high explanatory power verified by the tests illustrated in this paper.

Keywords: mobile communications, the market of mobile communication of russia, dynamics of number of subscribers, forecasting, logistical function, logarithmic trend, method of the least squares.

Царев А.Г. О СБОРЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА.

Рассматриваются вопросы сбора пользовательских данных и их решения в контексте применения в системе персонализации сайта, а также описывается модуль сбора пользовательских данных, интегрированный в систему персонализации Интернет-магазина.

Ключевые слова: пользовательские данные, персонализация сайта, модуль сбора, интернет-магазин.

Tsarev A.G. ABOUT GATHERING USERS DATA IN THE SYSTEM OF ONLINE SHOP PERSONIFICATION.

Questions of gathering of the user data and their decisions to a context of their application in system of web-site personification are considered, and also the module of the gathering user data integrated into system of personification the online shop is described.

Keywords: the user data, site personification, the gathering module, online shop.

Янников И.М., Телегина М.В. ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАССТАНОВКИ ПОСТОВ БИОМОНИТОРИНГА.

В данной работе предложена автоматизированная система расстановки постов биомониторинга потенциально опасного объекта. После применения процедуры автоматизированной равномерной расстановки постов используется цифровая картографическая основа для анализа положения поста на соответствие определенным типам растительности и почвы, а также учет рельефа местности. В базе правил описаны правила редактирования положения постов в соответствии с атрибутивными данными картографической основы.

Ключевые слова: биомониторинг, посты, учет рельефа, картография.

Yannikov I.M., Telegina M.V. APPLICATION OF GIS-TECHNOLOGIES AND METHODS EXPERT THE ANALYSIS FOR ARRANGEMENT OF POSTS OF BIOMONITORING.

In the given work the automated system of arrangement of posts of biomonitoring of potentially dangerous object is offered. After application of procedure of the automated uniform arrangement of posts the digital cartographical basis for the analysis of position of a post on conformity to the certain types of vegetation and ground, and also the account of a lay of land is used. In base of rules regulations of editing of position of posts according to attributive data of a cartographical basis are described.

Keywords: biomonitoring, posts, the relief account, cartography.

Бугаков В.М., Петровский В.С. ПРОГНОЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКЛАМЫ В ЭКОНОМИКЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОИЗВОДСТВА МЕБЕЛИ.

Рассмотрена идентификация изменений спроса на мебель по времени в зависимости от действия результативной рекламы, что дало возможность провести адаптацию методов теории автоматического регулирования для анализа, прогноза форсирующих свойств результативной рекламы и ее влияния на изменение запасов устойчивости мебельных предприятий.

Ключевые слова: идентификация эффективной рекламы, спрос на мебель, передаточные функции, частотные характеристики, критическое время запаздывания, запас финансовой устойчивости, выручка от реализации, теория автоматического регулирования.

Bugakov V.M., Petrovskiy V.S. THE FORECAST OF ADVERTIZING EFFECTIVENESS IN THE ECONOMY OF FURNITURE PRODUCING ENTERPRISES.

The research studies the identification of the furniture demand change in the course of the time in connection with the effect resulting from advertizing, that gives us the opportunity to adopt the Automatic Regulation theory methods in order to analyze and forecast the intensive qualities of the effective advertizing and its influence on the stability potential of furniture producing enterprises.

Keywords: identification of effective advertising, demand for furniture, transfer functions, frequency characteristics, critical time of delay, stock of financial stability, gain from realisation, the automatic control theory.

Кожемяко Н.П. ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ ДО 2020 ГОДА СЕГОДНЯ И ЧТО ДЕЛАТЬ ДАЛЬШЕ?

В статье проведен анализ Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2020 года. Предложены направления государственного регулирования дальнейшего развития лесного комплекса России.

Ключевые слова: лесной комплекс, стратегия развития.

Kozhemyako N.P. WHAT DO LET NOW GO THE STRATEGY OF FORESTRY INDUSTRIAL OF THE RUSSIA AS 2020 Y.O. AND WHAT DO IT A LONG?

In this publication it is feature the strategy of forestry industry of the Russia. Anther prove on possibility and perspective this strategy.

Keywords: wood complex, development strategy.

Порфирьева Е.В. РЫНОЧНЫЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЛЕСНОГО СЕКТОРА.

В статье рассматриваются области применения наиболее часто используемых стратегий развития (И. Анзоффа и М. Портера) применительно к лесозаготовительному лесохозяйственному производству лесного сектора экономики Алтайского края.

Ключевые слова: рыночная стратегия развития.

Porfireva E.V. MARKET STRATEGY OF DEVELOPMENT OF BRANCHES OF REGIONAL FOREST SECTOR.

Spheres of application of the most frequent used strategies of the development (I. Aizoff and M. Porter) conformably to timber and forestry enterprises of Altai region wood sector of the economy are considered in this article.

Keywords: market strategy of development.

Порфирьева Е.В. ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ НА БАЗЕ НОВОГО ЛЕСНОГО КОДЕКСА.

В данной статье приведена программа развития лесного сектора Алтайского края, включающая как привлечение инвестиционных проектов, так и внедрение фронтальноинтегрированных бизнес-процессов, основанных на частно-государственном партнерстве. Реализация данной стратегии послужит весомым толчком к усовершенствованию производственно-технологической, социально-экономической и рыночной инфраструктуры Алтайского края.

Ключевые слова: инновационное развитие, инвестиционные проекты.

Porfileva E.V. INNOVATIVE DEVELOPMENT OF ALTAI REGION FOREST SECTOR BUSINESS PROCESSES ON FOREST CODE.

In the present article the program of the forest sector development of Altai region is given, including both attraction of investing projects (plans) and introduction of frontal integrated of business processes based on the private-state partnership. The implementation of the given strategy will serve as a weighty incitement to improvement of the industrial-technological, social-economical and market infrastructure of Altai region.

Keywords: innovative development, investment projects.

Кожемяко Н.П., Кожухов Н.И. СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ.

В статье проведен анализ производства, экспорта и потребления продукции лесопиления. Выявлены факторы, сдерживающие развитие лесопиления. Определены направления повышения эффективности лесопиления.

Ключевые слова: лесопиление, продукция, эффективность.

Kozhemyako N.P., Kozhuhov N.I. THE NOW CONDITION AND DEVELOPMENT OF THE SAWING INDUSTRIAL IN RUSSIA.

In this publication give analysis of manufacture, export and consumption of production sawing industrial. The factors constraining are revealed of development of sawing industrial. The directions of increase of efficiency of the sawing industrial are determined.

Keywords: sawing industrial, production, efficiency.

Войтюк М.М. ФОРМИРОВАНИЕ МАРКЕТИНГА ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ.

Представлены современное состояние инфраструктуры сельских территорий, особенности маркетинга инфраструктурной деятельности, система управлением маркетинга и влияние маркетинга на развитие инфраструктурной деятельности (перерабатывающей, рыночной и транспортной) в на примере хозяйствующих субъектов, производящих продукты питания из недревесного лесного сырья.

Ключевые слова: сельские территории, маркетинг, инфраструктура.

Voityuk M.M. MARKETING FORMATION OF INFRASTRUCTURE ACTIVITY IN RURAL AREAS.

The article submits the data on the present state of rural area infrastructure, the peculiarities of marketing infrastructure activity, marketing management and the influence of marketing on the development of infrastructure activity (market, processing, transport). The activity of the enterprises producing food from non-wood forest raw material is given as an example.

Keywords: rural areas, marketing, infrastructure.

Закиров А.И., Шлыков С.С. О ПРОБЛЕМАХ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.

В статье проанализированы тенденции и проблемы малоэтажного строительства, включая деревянное домостроение.

Ключевые слова: деревянное домостроение, тенденции, лесопиление.

Zakirov A.I., Shlikow S.S. ABOUT A PROBLEMS OF A FEW-FLOOR BUILDING.

In clause analyzed tendentions and problems of a few-floor woodbuilding.

Keywords: wooden housing construction, tendencies, sawing industrial.

Котиков Д.В. МИРОВОЙ ФИНАНСОВЫЙ КРИЗИС: ЧТО УГРОЖАЕТ ЛЕСНОМУ СЕКТОРУ РОССИИ?

В статье рассмотрено влияние мирового финансового кризиса на бизнес-процессы лесного сектора России, а также проанализированы возможные варианты дальнейшего развития событий с учетом негативных тенденций, которые преобладают в настоящее время на международных рынках капитала. Особое внимание уделяется вопросу недооценки предприятий лесного сектора (в частности ключевой целлюлозно-бумажной промышленности) и поиску перспективных источников финансирования, еще не получивших широкого распространения среди компаний лесной промышленности.

Ключевые слова: кризис, бизнес-процесс, источник финансирования, лесной сектор.

Kotikov D.V. WORLD FINANCIAL CRISIS: WHAT TREATENS THE RUSSIAN'S FOREST SECTOR.

This article tells about impact of the world financial crisis on the business processes in the Russian's forest sector and analyses likely options for further case scenarios taking into account negative trends that currently dominate in the international capital markets. Particular attention is paid to underestimation of the Forest sector companies (particularly this problem concerns pulp and paper industry) and searching of new sources of financing which are not wide-spread among the forest industry companies.

Keywords: crisis, business process, source of financing, wood sector.

Казновская Л.Н. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ МЕТОДАМИ НЕЧЕТКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ.

Рассматриваются методы нечеткого прогнозирования основных экономических показателей деятельности предприятия. Предлагается методика расчета вероятности попадания показателей в область критических значений.

Ключевые слова: кризисная ситуация, методы нечеткого прогнозирования.

Kaznovskaya L.N. ESTIMATION OF PROBABILITY OF THE CRITICAL SITUATION METHODS OF INDISTINCT FORECASTING.

Methods of indistinct forecasting of the basic economic indicators of activity of the enterprise are considered. The design procedure of probability of hit of indicators in area of critical values is offered.

Keywords: crisis situation, methods of indistinct forecasting.

Казновская Л.Н. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ.

Предлагаются новые показатели эффективности управленческих решений, принимаемых менеджером.

Ключевые слова: эффективность управления, показатель, менеджмент.

Kaznovskaya L.N. INDICATORS OF THE MANAGEMENT EFFICIENCY THE ENTERPRISE.

New indicators of efficiency of the administrative decisions accepted by the manager are offered.

Keywords: management efficiency, indicator, management.

Меркушев И.М. РЕЖИМЫ БЕЗДЕФЕКТНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ, КООРДИНИРОВАННЫЕ ПО ИХ ТЕКУЩЕЙ ВЛАЖНОСТИ.

Разработаны методы оценки безопасности режимов сушки, расчета допустимой усушки, перепадов влажности по толщине и поверхности сортимента; схемы сушки простыми и форс-режимами. Получены зависимость психрометрической разности от температуры и равновесной влажности древесины. Построены безопасные оптимальные режимы сушки пиломатериалов, координированные по их текущей влажности.

Ключевые слова: критерий безопасности, деформации, усушка, перепад по толщине, психрометрическая разность, равновесная влажность, режимы по влажности.

Merkushev I.M. MODES OF FAULTLESS DRYING OF THE SAW-TIMBERS, DIRECTED ON THEIR CURRENT HUMIDITY.

Methods of an estimation of safety of modes of drying, calculation of admissible shrinkage, differences of humidity on thickness and surfaces of a board are developed; schemes of drying simple and fors-modes. Are received dependence differences from temperature and equilibrium humidity Safe modes of drying of saw-timbers on humidity are constructed

Keywords: criterion of safety, deformation, shrinkage, difference on a thickness, dependence difference, equilibrium humidity, modes on humidity.