

634.0.3

17-75 МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

На правах рукописи

630*378,3/(243,3)

ПРИЕЗЖИЙ Иван Иванович

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ
ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ ДЛЯ ЛЕСОСПЛАВА**

05.420 «Машины, механизмы и технология
лесоразработок, лесозаготовок и лесного хозяйства»

(05.21.01)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

г. Минск, 1974 г.

Работа выполнена на кафедре водного транспорта леса и гидравлики Белорусского технологического института им.С.М.Кирова.

Экспериментальные исследования в производственных условиях выполнены автором в тресте "Вычегдалесосплав", а лабораторные - в Васкеловской полевой лаборатории ЦНИИЛесосплава.

Результаты исследований и опыт лесосплава в половодье показаны в научно-популярном фильме "Весенний лесосплав", научным консультантом которого является автор.

Научный руководитель - член-корреспондент АН БССР,
доктор технических наук, профессор С.Х.БУДЫКА

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Ю.Я.ДМИТРИЕВ
кандидат технических наук, доцент В.В.САВЕЛЬЕВ

Ведущее предприятие - Коми научно-исследовательский
и проектный институт лесной промышленности "Комигипро-
ниилеспром"

Автореферат разослан *30 сентября* 1974 г.

Защита состоится *30 октября* 1974 г.

в 10 часов на заседании Совета Белорусского технологического
института им.С.М.Кирова (220630 г.Минск, 50, ул.Свердлова, 13а,
ауд.220, корп.4).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета,
кандидат технических наук

/Е.А.Грушевская/

Лесосплав отличается от сухопутных видов транспорта тем, что реки являются естественными средствами труда. Они являются путями, созданными природой, и лес перемещается по ним влекущей силой потока. Если же лес сплавляется в плотках, то, наряду с этой силой, используется механическая тяга. Лесотранспортные возможности потока зависят от его гидравлических элементов и изменяются во времени.

Учитывая важность и актуальность эффективного использования весеннего половодья для лесосплава, автором в течение длительного времени (1941-1973 гг.) проводились теоретические и экспериментальные исследования многих вопросов этой проблемы. При этом экспериментальные исследования, относящиеся к коренным качественным изменениям в способах лесосплава, выполнены автором в период его работы в тресте "Вычегодалесосплав". Они сопровождали одновременным внедрением их результатов в производство.

В диссертацию включено все положительное, что разработано автором и сохранилось на последней стадии развития лесосплава в половодье. При этом использовались работы автора, опубликованные в печати и имеющие широкое практическое применение. Эти работы представляют собою синтез результатов исследований, посвященных многим вопросам рассматриваемой проблемы.

Работа состоит из 6 глав, введения, выводов, приложения. Основное содержание ее изложено на 191 страницах машинописного текста с 38 иллюстрациями. Приложение имеет 129 страниц и иллюстраций.

Во введении рассмотрены основные тенденции развития лесной промышленности и всех видов транспорта, обеспечивающих доставку леса в пункты переработки и потребления.

Первая глава посвящена обзору и анализу существующей литературы по исследуемым вопросам и постановке задачи по рассматриваемой теме. К ней, в той или иной степени, относятся работы Пермякова Н.А., Донского И.П., Панова Н.Н., Будыки С.Х., Пименова А.Н., Дмитриева Ю.Я., Савельева В.В., Родионова Б.С., Худогова В.Н., Логинова Т.И., Ефимова А.Г., Прокофьева Б.М., Куколевского Г.А., Шульца Г.Ф., Соловьева Б.А., Куковицкого Ф.Г., и т.д.

Одннко, несмотря на большое количество исследований, остались недостаточно изученными такие вопросы, как оптимальные габариты той части потока, которая используется для лесосплава, и максимальное заполнение потока лесом; измерители, характеризующие оседание леса при сплаве его моём и в пучках; задачи и виды подготовки рек к лесосплаву в половодье; способы увеличения длительности лесосплава на подъеме половодья; условия и способы эффективного использования половодья для лесосплава.

Этапы развития береговой плотки леса подробно изложены в книге Прокофьева Б.М. "Опыт береговой плотки леса".

В этой книге указывается, что "наиболее эффективным способом плотки леса в пучки является способ, осуществленный Приезжим И.И. совместно с Ярагиным А.А. в бассейне р. Вычегды в 1949-1950 годах". Им применен "способ формирования пучков с одновременным созданием плотов при непосредственной разгрузке подвижного состава, груженого однородным сортиментом. Преимущество этого способа состояло в том, что исключались непроизводительные перевалки леса на складе и создавалась возможность формирования пучка любого объема. С учетом этого опыта были разработаны и опубликованы технологические схемы береговой плотки леса в пучки с помощью троса, в виде открытой петли, нашедшие применение в производстве".

В диссертации рассматриваются следующие основные вопросы.

1. Эксплуатируемая часть потока, ее оптимальные параметры и предельно возможное заполнение его лесом.
2. Лесосплавная способность потока в расчетном створе реки. Методы ее определения, характеризующие новый подход к количественной оценке лесотранспортных возможностей потоков.
3. Резервы увеличения длительности лесосплава на подъеме половодья за счет использования периода ледохода и разрушения ледяного покрова. Методы их определения.
4. Эффективность зачернения снега и льда материалами с малыми размерами частиц и нормами расхода.
5. Причины уменьшения начального заполнения эксплуатируемой части потока лесом. Измерители, характеризующие путевые условия для лесосплава, задачи и виды подготовки рек к лесосплаву в половодье.
6. Условия эффективного использования лесотранспортных возможностей потоков.
7. Оптимальные размеры плотов и длительности плотового лесосплава в половодье.

8. Коренные качественные изменения в способах лесосплава, эффективность и перспективы их внедрения.

Вторая глава посвящена исследованию лесотранспортной возможности потока и методам их количественной оценки.

Для количественной оценки транспортной возможности потока приняты два показателя: лесопропускная способность расчетного живого сечения потока и его лесосплавная способность. Лесопропускную способность характеризует максимальный объем леса, который может проплыть через это сечение без образования заторов. Этот показатель характеризует возможность пропуска его через живое сечение потока в единицу времени или за весь период сплава и выражается в м^3 . Лесосплавную способность потока в этом же сечении характеризует максимальная транспортная работа ($\text{м}^3\text{км}$ или т.км), которую он может выполнить в единицу времени при безостановочном движении леса, пропущенного через расчетное живое сечение в количестве, равном его лесопропускной способности.

Водный поток, наряду с геометрическими параметрами, имеет скорость течения воды. При этом для лесосплава используется не весь поток, а только та часть его, в которой обеспечивается движение лесосплавных единиц с заданными размерами. Для этой части потока, в отличие от лесосплавного хода, характеризующего реку как путь, автором принят термин – эксплуатируемая часть.

Для исследования взаимосвязи геометрических параметров живого сечения потока, его эксплуатируемой части, лесосплавной единицы и максимальной глубины воды в русле реки, изменяющихся во времени, принята теоретическая модель, которая, на наш взгляд, правильно отражает сущность исследуемого явления (рис. I).

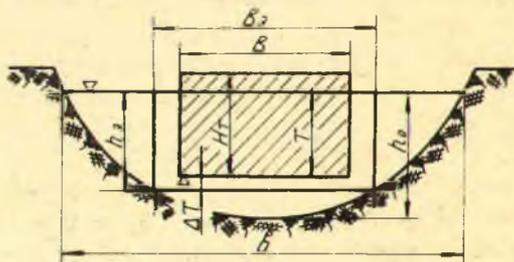


Рис. I. Эксплуатируемая часть потока.

Поперечное сечение эксплуатируемой части потока характеризуется шириной b_3 , толщиной слоя воды h_3 , площадью $\omega_3 = b_3 \cdot h_3$.

Связь параметров эксплуатируемой части и живого сечения потока выражается относительной шириной $\lambda = \frac{b_3}{b}$ и относительной толщиной слоя воды в ее границах $\varphi = \frac{h_3}{h_0}$. Толщина эксплуатируемой части потока определяется осадкой лесосплавных единиц T и величиной запаса воды под ней ΔT , а ширина ее — пересечением горизонтальной плоскости на глубине $T + \Delta T$ с линией поперечного профиля русла. В зависимости от геометрических размеров этой части потока лесосплавной единицей может быть бревно, пучок, плот.

Для реальной формы русла задача определения оптимальной толщины слоя воды эксплуатируемой части потока h_{30} , при которой площадь ее поперечного сечения ω_{30} будет наибольшей, может быть решена подбором, при котором берут различные значения

b_3 и замеряют h_3 на профиле русла. Наибольшая площадь поперечного сечения эксплуатируемой части соответствует максимуму произведения $\lambda \varphi$.

Для обобщенного параболического профиля живого сечения, который наилучшим образом схематизирует речные потоки, связь между шириной поверху и наибольшей глубиной воды в русле выражается уравнением вида

$$b = b_1 \left(\frac{h_0}{h_1} \right)^m, \quad (I)$$

где b_1 — ширина потока поверху при глубине на стрежневой вертикали h_1 ;

m — показатель степени, характеризующий форму профиля живого сечения потока. Для параболического русла величина этого показателя принята равной 0,5.

Если принять, что $h_1 = 1$ м, то уравнение (I) переписется в следующем виде

$$b = b_1 h_0^{0,5}, \quad (2)$$

где b_1 — параметр уравнения, численно равный ширине потока поверху при стрежневой глубине $h_1 = 1$ м.

Для схематизированного параболического русла площадь поперечного сечения эксплуатируемой части потока равна

$$\omega_3 = h_3 \cdot b_1 (h_0 - h_3)^{0,5} \quad (3)$$

Оптимальная толщина слоя воды эксплуатируемой части потока, при которой площадь ее поперечного сечения будет наибольшей, оп-

ределена методом дифференцирования уравнения (3) и равна

$$h_{30} = \frac{2}{3} h_0 \quad (4)$$

Ширина эксплуатируемой части потока, соответствующая оптимальной толщине слоя воды h_{30} , равна

$$b_{30} = b_1 \sqrt{h_0 - h_{30}} \quad (5)$$

Оптимальная осадка лесосплавных единиц равна

$$T_0 = h_{30} - \Delta T \quad (6)$$

Максимальное заполнение эксплуатируемой части потока лесом в пунктах пуска его в сплав равно

$$M_0 = \beta_{пред} \cdot Q_0 \quad (7)$$

где Q_0 - отношение объема леса в лесосплавной единице к наибольшей горизонтальной площади потока, занятой ею, соответствующее оптимальной осадке ($Q_0 = 0,63 T_0$);

$\beta_{пред}$ - начальный, предельно возможный коэффициент заполнения поверхности эксплуатируемой части потока лесосплавными единицами в пунктах пуска леса в сплав, при котором еще возможно их движение.

Максимальные величины коэффициентов заполнения поверхности эксплуатируемой части потока лесосплавными единицами в пунктах пуска леса в сплав, проверенные практикой, приведены в табл. I.

Табл. I

Порядок размещения лесосплавных единиц в границах эксплуатируемой части потока с глубинами воды больше h_{30}	$\beta_{пред}$
Беспорядочное размещение бревен в однородных и многорядных пьжах	0,63-0,70
Беспрокладочные штабеля с плотным примыканием друг к другу, уложенные в границах эксплуатируемой части потока	0,9 - 0,95
Однорядные беспорядочные пьжи из пучков	0,7 - 0,8
Пучки, уложенные рядами плотно друг к другу	0,68-0,8

Скорость движения лесосплавных единиц в пределах эксплуатируемой части потока в общем виде равна

$$V_{30} = V_n + V_o + V_m \quad (8)$$

где V_n - переносная скорость движения лесосплавной единицы от действия влекущей силы потока;

V_0 - относительная скорость движения лесосплавной единицы от действия составляющей силы тяжести ее, направленной параллельно поверхности потока;

V_M - относительная скорость движения лесосплавной единицы от действия тяги теплохода.

Переносная скорость движения лесосплавной единицы равна

$$V_n = 1,14 V \approx V_{пов}, \quad (9)$$

где V - средняя скорость течения воды в живом сечении потока;

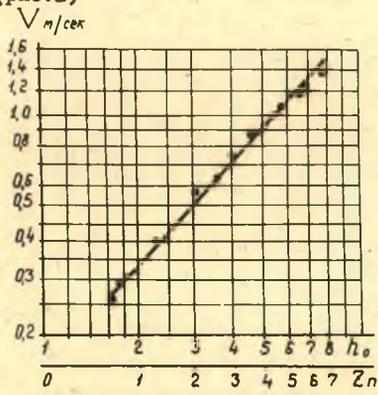
$V_{пов}$ - средняя поверхностная скорости течения воды по ширине потока.

Связь средней скорости течения с максимальной глубиной воды в расчетном живом сечении потока на гидравлически однородном участке характеризуется уравнением вида

$$V = ah_0^n \quad (10)$$

где a, n - параметры уравнения, зависящие от уклона потока, гидравлического радиуса и шероховатости русла.

В конкретном случае, рассмотренном в диссертации, параметры уравнения (10) определены по графику, построенному на логарифмической клетчатке (рис.2)



Дис 2 График $V = Ah^n$

Лесопропускная способность живого сечения речного потока в период времени t равна сумме значений лесопропускных способностей за отрезки времени Δt_i .

$$N_t = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \Delta t_i \quad (II)$$

Это уравнение может быть решено методом последовательного суммирования лесопропускных способностей по характерным периодам лесосплава и средним для этих периодов значений.

Однако такой метод определения суммарной лесопропускной способности створа не позволяет иметь величин гидравлических элементов потока, оптимальных осадок лесосплавных единиц, лесопропускных способностей живых сечений потока в каждые сутки периодов подъема и спада половодья. По этой причине в работе за отрезок времени Δt_i приняты сутки.

Суточная лесопропускная способность поперечного сечения эксплуатируемой части потока равна

$$P_c = 86400 \cdot v_{30} \cdot K \cdot V_{30} \cdot \beta_{пред} \cdot q_0 \quad (12)$$

Суточная лесосплавная способность потока в этом же расчетном створе равна

$$N_c = P_c \frac{\ell}{2}, \quad (13)$$

где $\frac{\ell}{2}$ - средневзвешенное расстояние, на которое перемещаются лесосплавные единицы за сутки.

В диссертации рассмотрены два варианта расчетов оптимальных гидравлических элементов эксплуатируемой части потока и его лесопропускной и лесосплавной способностей в расчетном створе. В первом варианте принято, что перемещение лесосплавных единиц в потоке осуществляется только его влекущей силой (рис.3-а,б).

Расчет оптимальных гидравлических элементов эксплуатируемой части потока и его транспортной возможности во втором варианте для исходных данных $v_1 = 52$ м; $K\beta = 0,53$; $V_0 + V_M = 0,6$ м/сек., выполнен на БЭСМ-4. Результаты расчета приведены в табл.2.

Табл.2

Z м	h_0 м	v_{30} м	T_0 м	q_0 м	V_{30} м/сек.	P_c тыс. м ³	N_c тыс. м ³ км
0,5	1,5	36,9	0,75	0,53	0,86	776	$2,9 \cdot 10^4$
1	2	42,7	1,08	0,74	0,96	1394	$5,8 \cdot 10^4$
2	3	52,2	1,75	1,16	1,16	3240	$1,6 \cdot 10^5$
3	4	60,3	2,41	1,58	1,37	6014	$3,6 \cdot 10^5$
4	5	67,4	3,08	2	1,59	9844	$6,7 \cdot 10^5$
5	6	73,9	3,75	2,42	1,80	14850	$1,2 \cdot 10^6$
6	7	79,8	4,41	2,84	2,02	21127	$1,9 \cdot 10^6$

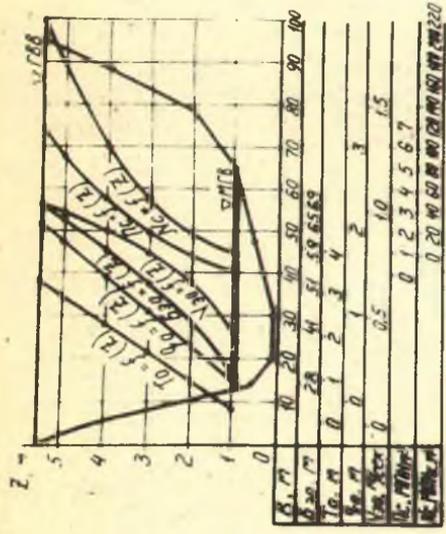


Рис.3а Графики $P_c=f(z)$, $N_c=f(z)$

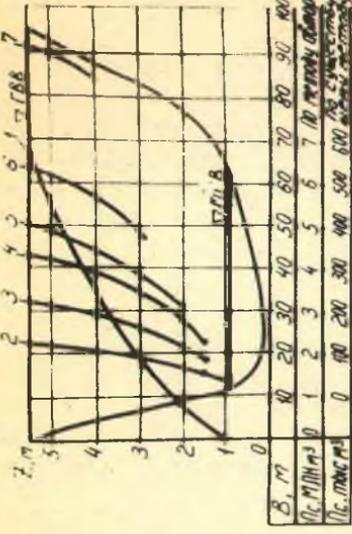


Рис.3в Графики $P_c=f(z)$ 1-по оптимальным параметрам эксплуатации частей лотка и макс. суммарной нагрузке его лесом
2-7-по существующему методу (2-палец
3-лучки Т=10м, 4-лучки Т=12м, 5-лучки Т=15м, 6-лучки Т=2м, 7-лучки Т=3м)

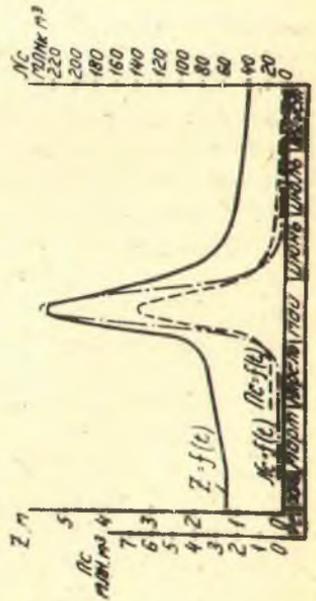


Рис.3б Графики $Z=f(z)$, $N_c=f(z)$, $P_c=f(z)$

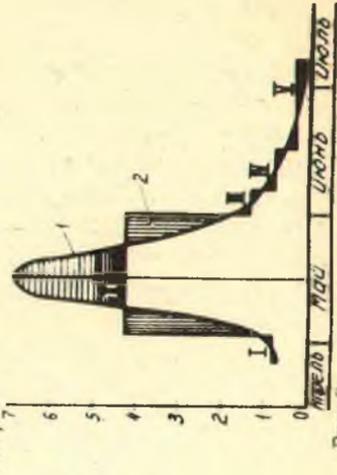


Рис.3г Графики $P_c=f(z)$
1-по методу автара
2-по существующему методу

Оптимальные осадки лесосплавных единиц и соответствующие им гидравлические элементы эксплуатируемой части потока, ее лесопропускную и лесосплавную способности автором рекомендуется определять для расчетных створов, расположенных в пунктах пуска леса в сплав, а также створов на нижележащих суженных плесовых участках, перекатах, в пролетах плотин и мостов. При этом полученные значения лесопропускных способностей лимитирующих живых сечений рекомендуется сравнивать с ожидаемым поступлением леса с учетом разреживания полосы его, вызванного разными причинами.

Для оценки эффективности нового подхода к количественной оценке лесотранспортной возможности потока произведено сравнение результатов расчета лесопропускной способности живого сечения потока по разработанному автором методу (рис.3-а,б) и результатов расчета лесопропускной способности для того же живого сечения, выполненного по существующему методу при $K\beta = 0,175$; $\varepsilon = 0,20-0,70$ и осадках бревен и пучков от 0,2 до 3 м (рис.3в). В диссертации произведено также сопоставление суммарных пропускных способностей поперечных сечений потока, рассчитанных при одних и тех же величинах заполнения потока лесом ($K\beta = 0,53$) и оптимальных осадках лесосплавных единиц.

Сопоставление графиков $P_c = f(t)$, изображенных на рис.3г, позволило установить, что средние суточные лесопропускные способности сечений эксплуатируемой части потока для характерных периодов половодья, определенные по средним значениям для этих периодов V_{30} , V_{50} , q_0 , больше суточных лесопропускных способностей, определенных по значениям их для каждых суток, в начале каждого интервала времени на подъеме и меньше - в конце периодов на спаде половодья (площади графиков с вертикальной штриховкой).

Следует отметить, что графики уровней половодья, характеризующие реальные условия лесосплава, отличаются от аналогичных графиков для года с нормативной их обеспеченностью. По этой причине мероприятия по проведению лесосплава в половодье и графики лесосплава, составленные для года с нормативной обеспеченностью, как основа оперативного управления подготовительными работами к лесосплаву и ходом лесосплавных работ на различных уровнях руководства, нуждаются в корректировке.

Корректировка мероприятий и графиков сплава необходима уже при получении первого гидрологического прогноза, а в дальнейшем - в ходе лесосплава, по мере получения месячных прогнозов водного

режима рек. На этих этапах оперативного управления лесосплавом в годы, отличающиеся от года с нормативной обеспеченностью уровней воды, данные об оптимальных гидравлических элементах потока и загрузки его леса можно получить по графикам $T_0=f(z)$, $v_{30}=f(z)$, $V_{30}=f(z)$, $q_0=f(z)$, $P_c=f(z)$, $N_c=f(z)$, охватывающим всю амплитуду колебаний уровней воды за многолетний период или таблицам, содержащим эти данные.

Преимущества лесосплава в половодье характеризуются:

1) относительным увеличением гидравлических элементов потока

$$K_{r30} = \frac{h_{30} \cdot v_{30} \cdot V_{30}}{h_{30min} \cdot v_{30min} \cdot V_{30min}}, \quad (I4)$$

где h_{30} , v_{30} , V_{30} , - соответствуют расчетному мгновенному уровню, а h_{30min} , v_{30min} , V_{30min} , - низкой межи;

2) относительным увеличением заполнения потока лесом

$$K_{q_0} = \frac{q_0}{q_{0min}}, \quad (I5)$$

где q_0 соответствует расчетному мгновенному уровню, а q_{0min} - низкой межи.

Третья глава посвящена исследованию возможностей увеличения длительности лесосплава на подъеме половодья. Эти исследования имели своей целью изучение особенностей весеннего ледохода и его длительностей на реках, текущих на север, юг и в широтном направлении, способов разрушения ледяного покрова, а также резерва увеличения длительности лесосплава на подъеме половодья за счет использования периода ледохода и ускорения вскрытия рек или отдельных их участков.

Для получения рядов длительностей ледохода, половодья и его подъема использованы данные об уровнях воды и датах ледохода за 33-38 лет на водомерных постах Кажим, Палауз, Иб, Бояр-Керос, Весляна, Половники, Лунь, Помоздино, Усть-Кулом, Сторожовск, Ськтьвар. Расчеты вероятностей превышения ($P\%$) эмпирических точек длительностей сравниваемых периодов, параметров аналитических кривых обеспеченности (t_{cp} , C_V , C_S), а также относительных средних квадратических ошибок определения εt_{cp} и εC_V выполнены на машине БЭСМ-4.

По полученным данным на клетчатках вероятностей построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченности длительностей всех рассматриваемых периодов половодья. Длительности подъемов

половодья, считая от начала ледохода, и доли в них ледохода приведены в табл.3.

Табл.3

Пункты наблюдений	Периоды половодья	% обеспеченности				
		I	10	50	90	99
Кажим	Подъем половодья	21	14	11	3	1
	Ледоход	5	4	2	1	0
Иб	Подъем пполоводья	28	20	12	5	0
	Ледоход	9	5	3	2	1
Весляна	Подъем половодья	23	17	10	5	2
	Ледоход	12	9	5	3	2
Половники	Подъем половодья	23	17	11	6	2
	Ледоход	13	8	5	3	2
Усть-Кулом	Подъем половодья	33	25	18	12	9
	Ледоход	8	6	4	2	1
Сыктывкар	Подъем половодья	35	24	15	8	5
	Ледоход	11	7	4	2	1

Доли подъема в длительностях половодья, исчисляемых от начала ледохода до начала низкой межени, и приведены в табл.4.

Табл.4

Пункты наблюдений	Периоды половодья	% обеспеченности				
		I	10	50	90	99
Кажим	Половодье	150	117	82	53	34
	Подъем половодья	21	14	8	3	1
Иб	Половодье	160	123	87	60	43
	Подъем половодья	28	20	12	5	0
Весляна	Половодье	122	100	80	62	51
	Подъем половодья	23	17	10	5	2
Половники	Половодье	123	97	74	58	49
	Подъем половодья	23	17	11	6	2
Усть-Кулом	Половодье	123	101	78	61	47
	Подъем половодья	33	25	17	12	9
Сыктывкар	Половодье	136	105	75	56	45
	Подъем половодья	38	28	18	12	8

Автором рассмотрены также сроки начала ледохода, которые приведены ниже.

Водомерные посты	Даты начала ледохода		
	ранние	средне-многолетние	поздние
Кажим	13 апреля	23 апреля	5 мая
Иб	17 апреля	24 апреля	3 мая
Весляна	16 апреля	2 мая	18 мая
Половники	14 апреля	27 апреля	14 мая
Помоздино	12 апреля	26 апреля	9 мая
Сыктывкар	13 апреля	28 апреля	12 мая

Выполненные исследования возможностей увеличения длительности лесосплава на подъеме половодья за счет использования периода ледохода показали, что 1) ледоход имеет наименьшую длительность на реках, текущих на север, и наибольшую - на юг; 2) длительность ледохода на реках, текущих на север и в широтном направлении, возрастает от истока к устью, а на реках, текущих на юг, она, например, одинакова как в створах водомерных постов, расположенных на верхних участках, так и в нижних; 3) доля ледохода в длительности подъема половодья на реках IV и V категорий изменяются от 0 до 100%; 4) подъем половодья, в сравнении со спадом, имеет меньшую длительность; 5) использование периода ледохода для лесосплава является значительным резервом увеличения его длительности в наиболее благоприятный период навигации - на подъеме половодья; 6) резерв увеличения длительности лесосплава выражается также в разностях сроков начала ледохода в устьях и истоках рек. Однако чтобы раньше начать плотовой лесосплав на реках, текущих на север и в широтном направлении, необходимы меры по ускорению ледохода на нижних участках этих рек. Если же реки текут на юг, лесосплав может проводиться одновременно с ледоходом, начиная от устьевых участков. Однако учитывая, что ледоход на них имеет затяжной характер и длительность его при обеспеченностях 90% и более близка к длительности подъема и может заканчиваться на спаде половодья, то необходимо ускорить вскрытие верхних участков таких рек.

Следует отметить, что прогнозы календарных дат ледохода, максимума половодья и межени даются лишь для небольшого числа водомерных постов. Поэтому для водомерных постов, не охваченных прогнозами, эти данные приходится получать расчетным путем.

В работе связь между длительностями характерных периодов половодья на двух водомерных постах выражена уравнением вида.

$$T = K T_{\delta}^{\chi}, \quad (16)$$

где T – длительность ледохода, подъема половодья или всего половодья в расчетном створе;

T_{δ} – длительность соответствующего периода половодья в створе реки-аналога, с которым устанавливается связь;

K, χ – параметры уравнения, характеризующие условия формирования стока, площади водосбора, погодные условия. Они определены по кривым связи, построенным на логарифмической клетчатке.

Значение параметров уравнения для кривых связей приведены ниже

	Ледоход		Половодье	
	K	χ	K	χ
Сыктывкар–Усть-Кулом	0,97	0,64	0,85	1,93
Сыктывкар–Сторожевск	1,15	0,58	1,04	0,74
Сыктывкар–Кажим	1,05	0,30	-	-

Известно, что уровни воды в реке под ледяным покровом повышаются задолго до начала весеннего ледохода. Превышение их к началу ледохода над зимним минимумом характеризуется следующими данными

Водомерные посты	Превышение отметок уровней воды к началу ледохода над меженью в см при обеспеченности в %						
	высший уровень	10	25	50	75	90	низший уровень
Помоздино	307	144	92	70	56	42	6
Сторожевск	264	229	187	166	117	108	65
Кажим	267	260	205	174	159	145	102
Весляна	326	242	234	217	162	108	76

Следовательно, еще до ледохода появляются на реках глубины воды, при которых можно сплавлять лес в плотках. Чтобы частично использовать для лесосплава периоды ледохода, необходимо ускорить вскрытие рек.

Радиационный метод ускорения таяния снега и льда исследовался Песчанским И.С. Им рекомендована крупность частиц материала от 2 до 10 мм и норма расхода его 400 г/м². При этом получена

максимальная скорость таяния снега 8 см и льда 4 см в сутки. С учетом работ Песчанского И.С. автором для изучения эффективности зачернения снега и льда материалами с размерами частиц от 0,25 до 1 мм и нормами расхода от 5 до 400 Г/м² были поставлены опыты.

Результаты этих опытов сведены в статистический факториальный комплекс, приведенный в табл.5.

Табл.5

Вид материала	Размеры, частиц, мм	Нормы расхода, Г/м ²						
		C ₁ 5	C ₂ 20	C ₃ 30	C ₄ 120	C ₅ 100	C ₆ 400	C ₇ 82
Уголь, А ₁	В ₁	<u>24</u>	<u>28</u>	-	-	-	-	-
	0,25	38	40	-	-	-	-	-
	В ₂	-	-	<u>25</u>	<u>36</u>	-	-	-
	0,26-0,5	-	-	38	40	-	-	-
	В ₃	-	-	-	-	<u>32</u>	<u>39</u>	-
	0,5I-I	-	-	-	-	39	40	-
В ₄	-	-	-	-	-	-	<u>3I</u>	
0, I - I	-	-	-	-	-	-	4I	
Красный кирпич, А ₂	В ₁	<u>23</u>	<u>25</u>	-	-	-	-	-
	0,25	35	38	-	-	-	-	-
	В ₂	-	-	<u>24</u>	<u>32</u>	-	-	-
	0,26-0,5	-	-	37	40	-	-	-
	В ₃	-	-	-	-	<u>28</u>	<u>36</u>	-
	0,5I-I	-	-	-	-	37	43	-
В ₄	-	-	-	-	-	-	<u>29</u>	
0, I - I	-	-	-	-	-	-	<u>39</u>	
Песок, А ₃	В ₁	<u>22</u>	<u>25</u>	-	-	-	-	-
	0,25	36	38	-	-	-	-	-
	В ₂	-	-	<u>24</u>	<u>30</u>	-	-	-
	0,26-0,5	-	-	36	38	-	-	-
	В ₃	-	-	-	-	<u>27</u>	<u>32</u>	-
	0,5I-I	-	-	-	-	37	4I	-
В ₄	-	-	-	-	-	-	<u>28</u>	
0, I - I	-	-	-	-	-	-	37	

ПРИМЕЧАНИЕ: В числителе показаны толщины растаявшего снега за период наблюдений с 27 марта по 3 апреля, в знаменателе - толщины растаявшего льда за период наблюдений с 6 по 22 апреля 1971 г.

Данные этого комплекса сравниваются с данными таяния крупнозернистого снега и кристаллического льда на фоне темного дна водоема (A_4). За период наблюдений толщина слоя растаявшего снега равна 14 см, а льда - 29 см.

Критерием точности изменения стаявших слоев снега и льда на последние даты наблюдений принято равенство

$$H + \Delta H = H_C + H_0, \quad (17)$$

где H - толщина снега или льда в начале периода наблюдений;

ΔH - суммарная толщина выпавшего снега или образовавшегося льда в период наблюдений;

H_C - толщина стаявшего снега или льда за период наблюдений;

H_0 - остаточная толщина льда на последнюю дату наблюдений.

В работе произведены сопоставления некоторых вариантов парных сочетаний, отличающихся друг от друга видом материала, размерами частиц, нормами расхода при равных условиях. Эти сопоставления показали, что: а/ уголь, кирпич и песок дают высокий эффект таяния снега и льда и рекомендуются для использования; б/ наибольший эффект таяния можно получить при зачернении снега и льда каменным углем. Однако разность в толщинах снега и льда, растаявших за период наблюдений на зачерненных углем, кирпичем и песком площадях, мала; в/ малые размеры частиц и нормы расхода материала дают относительно высокий эффект таяния снега и льда; г/ увеличение нормы расхода угля с 5 до 20 $\text{г}/\text{см}^2$, без изменения крупности его частиц, дало за период наблюдений прирост толщины растаявшего снега на 4 см и льда - на 2 см; д/ укрупнение частиц каменного угля и соответствующее увеличение нормы расхода его с 5 до 400 $\text{г}/\text{м}^2$ или в 80 раз дало за период наблюдений прирост толщины растаявшего снега лишь на 15 см и льда - на 6 см; е/ использование для зачернения смеси частиц каменного угля размерами от 0,1 до 1 мм с нормой расхода 82 $\text{г}/\text{м}^2$, в сравнении с частицами 0,25 мм и нормой расхода 5 $\text{г}/\text{м}^2$, за период наблюдений повысило эффект таяния снега на 7 см и льда - на 3 см.

Результаты исследований сравниваются также по максимальным скоростям таяния снега и льда и отношению норм расхода материала к максимальной скорости таяния. Результаты этого сравнения только для каменного угля характеризуются данными, приведенными ниже.

Размер частиц, мм	Норма расхода материала, Г/м ²	Максимальная скорость таяния, см/сут.		Отношение нормы расхода к максимальной скорости таяния	
		снег	лед	снег	лед
Менее 0,25	5	7	3,5	0,7	1,5
" "	20	9	3,5	2,1	6
0,26-0,5	120	15	4	8	30
0,5I-I	400	17	6	23,5	66

Анализ скоростей таяния снега и льда при различных размерах частиц показал, что размер частиц до 0,25 мм и норма расхода 5 Г/м² позволяют получить высокую плотность зачернения и обеспечивают сокращение затрат на заготовку, транспортировку и рассеивание материала.

Исследования показали, что таяние снега и льда происходит не только с поверхности. За период наблюдений частицы материала проникли в толщу льда на 16-18 см и образовали в нем отверстия диаметром 2-3 см. Исследования также показали, что при низких отрицательных температурах воздуха таяния зачерненного снега не происходит. Оно начинается только при температуре воздуха, близкой к нулю, с переходом днем к положительной температуре. С учетом выполненных исследований рекомендуется наносить зачерняющий материал на снежный покров за 35-40 дней до начала естественного ледохода.

Разрушение весеннего ослабленного льда, в сравнении с разрушением осеннего льда такой же толщины, требует меньших затрат энергии, а эффективность применения ледокольных судов повышается. Для более раннего вскрытия рек IY и Y категорий, по которым сплав в плотах может проводиться только в половодье, необходимы теплоходы, которые бы разрушали ледяной покров, а затем буксировали бы плоты. В настоящее время выпускаются серийно буксирно-ледокольные теплоходы ПР-1427 и изготовлен опытный образец теплохода ЛС-56, проекты которых разработаны по предложению автора и с его участием в выборе и технико-экономическом обосновании их параметров. Теплоход ПР-1427 разрушает весенний ослабленный лед толщиной до 80 см.

Для практического использования инертных материалов получены расчетные зависимости, характеризующие связь таяния снега и льда с физическими свойствами, размерами частиц, нормами расхо-

да и временем. Обработка экспериментальных данных показала, что эта связь более точно выражается степенной функцией вида

$$H_C = CT^\alpha, \quad (18)$$

где H_C - толщина стаявшего снега или льда;

T - длительность времени, в течение которого слой снега или льда толщиной H_C превратился в воду;

C, α - параметры уравнения, характеризующие некоторые условия таяния снега и льда, зависящие от физических свойств, размеров частиц и норм расхода материала.

Значения параметров уравнения (18) для некоторых сочетаний норм расхода и размеров частиц, определенные по графикам на логарифмической клетчатке, приведены в табл.6.

Табл.6

Размеры частиц, мм	Норма расхода, г/м ²	Снег				Лед			
		материалы				материалы			
		уголь		кирпич, песок		уголь		кирпич, песок	
		параметры				параметры			
		C	α	C	α	C	α	C	α
До 0,25	5	5,3	0,79	6,3	0,67	2,95	0,9	2,95	0,83
	20	6,5	0,75	6,4	0,7	4	0,83	2,95	0,83
0,26-0,5	120	11,3	0,6	9	0,65	4	0,83	4	0,83
0,5I-I	400	12,7	0,57	10,2	0,6	5,5	0,75	5,5	0,75

Величины параметров уравнения (18) для крупнозернистого снега равны: $C = 3,8$; $\alpha = 0,64$ и кристаллического льда на фоне темного дна водоема - $C = 2,15$; $\alpha = 0,85$.

Зависимость таяния снега и льда от физических свойств и норм расхода материала для смеси, состоящей из частиц 0, I-I мм, выражена функцией вида

$$H_C = aV^y T^\alpha, \quad (19)$$

где a, y, α - параметры уравнения, характеризующие некоторые условия таяния снега и льда, зависящие от физических свойств и размеров частиц материала;

V - норма высева материала.

При определении величины параметров уравнения a, y, α , использовал также графоаналитический метод. Их значения приведены в табл.7

Табл. 7

Материалы	С н е г			Л е д		
	параметры			параметры		
	<i>a</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>a</i>	<i>y</i>	<i>x</i>
Уголь	5,4	0,12	0,68	2,7	0,07	0,83
Кирпич, песок	5	0,12	0,68	2,65	0,07	0,83

Разность в длительностях таяния незачерненных и зачерненных снежных и ледяных покровов равна

$$\Delta T_{\text{л}} = (T_{\text{нс}} - T_{\text{з.л}}) + (T_{\text{ил}} - T_{\text{з.л}}), \quad (20)$$

где $T_{\text{нс}}$, $T_{\text{ил}}$ - расчетные длительности таяния незачерненных покровов снега и льда заданных толщин;

$T_{\text{зс}}$, $T_{\text{зл}}$ - соответствующие длительности таяния зачерненных снега и льда заданных толщин.

Длительности соответствующих периодов таяния снега и льда заданных толщин определяются по формуле

$$T = \left(\frac{H_c}{C} \right)^{\frac{1}{x}}, \quad (21)$$

где H_c - расчетная толщина снега или льда;

C, x - параметры уравнения, значения которых указаны в табл. 6

Заданная толщина слоя льда, который должен растаять до начала ледохода, равна

$$H_c = H_{\text{л}} - H_0, \quad (22)$$

где H_0 - толщина ослабленного ледяного покрова, который остается к началу ледохода;

$H_{\text{л}}$ - толщина ледяного покрова, образовавшегося за зимний период.

В четвертой главе рассмотрены факторы, оказывающие влияние на степень использования лесотранспортной возможности потока, его фактическую производительность. Изучение этих факторов позволило сформулировать условия эффективного использования весеннего половодья для лесосплава.

Использование транспортных возможностей потока в пунктах пуска леса в сплав и других расчетных створах определяются фактической осадкой лесосплавных единиц, коэффициентами заполнения ими поверхности потока и использования времени. Оно зависит от путевых условий, вида сплава, его организации.

Общий коэффициент использования лесопропускной способности расчетного живого сечения потока в пункте пуска леса в сплав

равен

$$\eta_0 = \frac{t_c \cdot v_{\text{эф}} \cdot M_{\text{ф}}}{24 \cdot v_{\text{г0}} \cdot M_0} \quad (23)$$

где $v_{\text{эф}}$, $M_{\text{ф}}$ - используемая ширина поперечного сечения эксплуатируемой части потока и загрузка его лесом;

t_c - количество часов пуска леса в сплав в сутках.

Резерв в использовании суточной лесопропускной способности расчетного поперечного сечения эксплуатируемой части потока в пункте пуска леса в сплав равен

$$W_p = (1 - \eta_0) P_c \quad (24)$$

Резерв в повышении производительности потока равен:

$$N_p = (1 - \eta_0) N_c \quad (25)$$

Особенности взаимодействия лесосплавных единиц с руслом реки на подъеме и спаде половодья показаны в научно-популярном фильме "Весенний лесосплав".

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что на подъеме половодья, вследствие резкого возрастания расходов, затопления потоком морфологических образований, изменения полей скоростей течения воды, радиусов кривизны потока в плане, полоса бревен или пучков движется по всей ширине реки, включая и затопленные побочни, следуя общему очертанию берегов. Протоки и староречья становятся временно работающими рукавами русла. При сплаве леса молам и в пучках оседанка и оседание не влечет за собой обсышки. Как только увеличатся глубины воды, волна половодья увлекает осевший лес вниз по течению. На мелях, выступах берегов и у кустов остаются лишь одиночные бревна или пучки. Однако подъем половодья сопровождается разносом их по поймам, если они не ограждены болами и другими сооружениями.

На спаде половодья все осевшие лесосплавные единицы обсыхают, а рядом с ними оседают другие, которые также обсыхают. Ширина полосы бревен или пучков, осевших и обсыхших на наклонной поверхности морфологического образования или откосе берега, зависит от длительности лесосплава и быстроты спада уровней воды. Ширина ее равна

$$B_M = \frac{Z_H - Z_K}{\sin \alpha} \quad (26)$$

где Z_H , Z_K - отметки уровней воды, соответствующие времени начала их оседания к моменту окончания сплава его на вышележащем участке реки;

α - угол наклона берега или морфологического образования к горизонтальной плоскости.

Из уравнения (26) следует, что сплав леса по реке молем на спаде урвней воды, без ограждения морфологических образований сооружениями, неизбежно сопровождается непрерывной разборкой затворов и сброской осевшего леса в воду.

Наблюдения в лаборатории и в натуре показали, что половодье, и особенно период подъема, благоприятны для плотового лесосплава. В этот период почти на всем протяжении реки может быть создан судовой ход с незначительной извилистостью. Большие радиусы кривизны и ширины судового хода в половодье создают удобства захода плотов из плеса на перекат и выхода из него в плес. В этот период теплоходы имеют возможность буксировать плоты, придерживаясь побочной и по протокам двухрукавных русел, спрямляющих судовой ход.

Выполненные исследования позволили установить следующие измерители, характеризующие путевые условия для лесосплава.

Коэффициент оседания леса за период сплава молем или в пучках равен

$$\varphi_0 = \frac{W_0}{W_n} \quad (27)$$

где W_0 - объем леса, осевшего на различных преградах на всей реке или ее участке;

W_n - объем пущенного в сплав леса.

Коэффициент обеспеченности условий безостановочного движения леса по руслу реки вместе с потоком равен

$$P = \frac{W_n - W_0}{W_n} \quad (28)$$

Он характеризует пригодность реки для лесосплава в ее естественном состоянии или после ее улучшения. При плотовом сплаве индекс W_0 выражает объем леса в плотях, посаженных на преграды и требующего дополнительных затрат труда и материальных средств на ликвидацию аварий.

Исследования показали, что на величины коэффициентов φ_0 и P оказывают влияние такие факторы, как извилистость и многорукавность русел, количество и состояние морфологических образований, время проведения, расстояние и продолжительность лесосплава. Коэффициент φ_0 может изменяться в пределах от величины, близкой к единице, до нуля, а коэффициент P - от величины, близкой к нулю, до единицы. Значение их для конкретной реки и отдельного участка автором рекомендуется определять по данным о фактическом объеме леса, поступившего в пункт назначения или к расчетному створу без повторного пуска его в сплав. Значения коэффициентов

φ и P , полученные таким путем, позволяют выявить недостатки в подготовке рек к лесосплаву и его организации в истекшем году и разработать конкретные мероприятия по устранению их в последующие годы.

Начальное заполнение потока лесом при сплаве его моём и в пучках уменьшается также от удлинения движущейся полосы лесосплавных единиц.

При схематизации движения полосы леса принято, что спуск его в сплав производится непрерывно в объемах суточных лесопропускных способностей. Продолжительность пуска леса в сплав t_n определяется по графикам $P_C = f(Z)$ и $P_C = f(t)$. Бревна или пучки в стрежневой зоне движутся со скоростью V_r , а в прибрежных - V_k . Длительность сплава леса t исчисляется от начала его сброски в воду.

Теоретические исследования позволили установить зависимость для определения коэффициента удлинения движущейся полосы бревен или пучков. Он равен

$$K_y = \frac{2[tV_r - (t-t_n)V_k]}{t_n(V_r + V_k)} \quad (29)$$

Начальное заполнение потока лесом уменьшается также при увеличении ширины реки от истока к устью, а также на подъеме половодья.

Заполнение потока лесом в створе реки, удаленном от пункта пуска его в сплав, равно

$$\beta' q' = \frac{\beta_n q_n \beta_3 t_n (V_r + V_k)}{2\beta_3' [tV_r - (t-t_n)V_k]} P \quad (30)$$

где q_n, β_n - объем леса, размещенного на 1 м^2 площади, занятой лесосплавной единицей, и коэффициент заполнения поверхности эксплуатируемой части потока в пункте пуска леса в сплав;

q', β' - соответствующие величины в расчетном створе, лежащем ниже его;

β_3, β_3' - ширины эксплуатируемой части потока в пункте пуска леса в сплав и в створе, лежащем ниже его.

При сплаве леса в плотках $K_y = 0$, а произведение βq уменьшается от расширения русла и увеличения глубины воды в нем от истока к устью.

С учетом выполненных исследований можно сформулировать следующие основные условия эффективного использования весеннего половодья для лесосплава: 1) непрерывное изменение осадки плотов

и пучков одновременно с изменением уровней воды на подъеме и спаде половодья; 2) создание запаса плотов для буксировки их в половодье; 3) увеличение длительности плотового лесосплава; 4) использование на буксировке плотов по временно судоходным рекам буксирно-ледокольных теплоходов повышенной мощности; 5) предельное и непрерывное заполнение эксплуатируемой части потока на расчетных участках реки в пунктах пуска леса при сплаве его молеми и в пучках и проведение лесосплава на подъеме половодья, включая и время ледохода; 6) сокращение времени пуска леса в молевой сплав; 7) прерывно-поточная и поточная организация проплава леса; 8) дополнительная загрузка потока лесом на нижележащих приречных складах.

Подготовка рек к плотовому лесосплаву должна предусматривать: 1) перемещение верхних границ судоходства к истокам и осуществление мероприятий, обеспечивающих использование рек для плотового лесосплава в половодье; 2) минимальную извилистость судового хода; 3) увеличение ширины судового хода и глубин воды в его границах на лимитирующих перекатах с целью увеличения объемов плотов и периода их буксировки; 4) сглаживание неровностей вогнутых берегов; 5) понижение отметок на складах с береговой сплоткой леса, углубление, расширение и спрямление подходов к ним; 6) углубление и расширение затонов, а также нижних участков староречий в пунктах укрупнения плотов, используемых для их остановки и временного хранения.

Связь отметок затопляемого склада, осадок плотов с графиками их буксировки и изменения уровней воды выражена зависимостью:

$$Z_{ск} = Z_p - (T - \Delta T), \quad (31)$$

где Z_p - расчетный уровень воды, при котором может быть начат сплав леса в плотях с заданной осадкой на подъеме половодья или закончен до наступления этой отметки на его спаде.

Техническая подготовка рек к лесосплаву в половодье молеми или в пучках должна исключить полностью или значительно уменьшить оседание леса на берегах и морфологических образованиях, разнос по поймам, его обсушку. Виды и особенности подготовки рек для молевого и плотового лесосплава на подъеме и спаде половодья подробно рассмотрены в диссертации.

В пятой главе рассмотрены коренные качественные изменения в способах лесосплава, обеспечивающие выполнение условий эффективного использования транспортных возможностей потока в половодье.

Коренные изменения в способе плотового лесосплава, разработанные и внедренные автором, включают: 1) единый производственный процесс лесозаготовительных и лесосплавных работ на складе лесопромхоза с береговой сплоткой леса; 2) подготовку складов и водных подходов к ним, ослабление и разрушение ледяного покрова для увеличения длительности и улучшения условий буксировки плотов в половодье; 3) создание подвижной обоньки берегов, пляжей, побочной и затонов на подвижных плитках-опорах, исключающие обсушку леса на спаде половодья; 4) прогрессивные способы управления и остановки плотов и буксирно-ледокольные теплоходы повышенной мощности; 5) системы машин для механизации прогрессивных технологических процессов сплотки леса.

Каждое из перечисленных изменений характеризует ту или другую особенность, сторону способа плотового лесосплава на последней стадии его развития.

Структура единого производственного процесса склада с береговой сплоткой леса на начальной стадии его развития описана в первой главе. Однако с перенесением разделки древесины на береговые склады лесопромхозов появилась возможность сплотки леса в пучки или пакеты с небольшими затратами труда в накопителях поточных линий одновременно с сортировкой древесины.

С учетом изменений в технологии и организации лесозаготовок структура единого производственного процесса склада стала включать работы, связанные с разделкой, обмером, учетом древесины, созданием сплочной единицы-пучка, формированием плотов на затопляемых в половодье местах или штабелевкой пучков на незатопляемых берегах с последующим формированием плотов на воде, погрузкой пучков или пакетов с берега в суда.

Для механизации этого производственного процесса созданы сплотно-транспортные агрегаты В-43 и В-51. При этом агрегат В-51 разработан КБ треста "Вычегдалесосплав" по предложению автора. Эти агрегаты сравниваются с агрегатами аналогичного назначения, но имеющими конструктивные различия - ТАЭС-1 и УНСА-20.

Оценка структуры и уровня механизации производственных процессов произведена по хронометражным данным. Результаты исследования технологических процессов береговой сплотки леса и затрат времени приведены в табл.8.

Табл.8

Наименование показателей	Место сплотки			
	в накопителях		в канатных петлях агрегата	
	В-5I	В-43	ТАЗС-I	УНСА-20
1. Число операций	5	5	9	9
в том числе ручных	I	I	4	4
2. Затраты времени на технологические операции, мин.	2	5,59	8,9	11,05
в том числе:				
- разворот агрегата и подача к накопителю	0,33	I	0,33	I
- забор пучка	0,84	2,7	5,84	6,67
- разворот агрегата с пучком, подача к плоту и разгрузка	0,84	1,94	2,74	3,38

С учетом затрат времени на перемещение пучков по складу на расстояние 250 м, длительность одного цикла работы агрегата В-5I, в сравнении с ТАЗС-I, уменьшилась с 16,1 до 9,2 мин.

Понижение отметок плотбищ, углубление подходов к ним, подготовка рек к плотовому лесосплаву в половодье, замена буксирных теплоходов малой мощности теплоходами мощностью 300 л.с. и более в бассейне Вычегды (выше г.Сыктывкара) позволило увеличить объемы плотов, формируемых зимой, до размеров, приведенных ниже

Наименование участков р. Вычегды	Объемы плотов в тыс. м ³	
	до выполнения работ	после выполнения работ
Мьелдино - Усть-Нем	-	5
Усть-Нем - Усть-Кулом	3,5	6,4
Усть-Кулом - Сыктывкар	5	9,2
Сыктывкар - Котлас	6,8	13

Переход на буксировку большегрузных плотов теплоходами повышенной мощности, как показывают расчеты, обеспечивают относительное сокращение их количества и работников флота, повышение экономических показателей. Результаты расчетов приведены в табл. 9.

Табл. 9

Наименование показателей	Един. измер.	Типы теплоходов		
		Т-63М	ЛС-56	ПР-1427
Объем плота при относительной скорости буксировки 2 км в час	тыс.м ³	2	6	9
Расходы на содержание теплохода	руб/см	72	126	195
Себестоимость:				
а) формирования плотов	коп/м ³	16,2	11,3	9,9
б) переформирования плотов	"	19,2	-	-
в) буксировка плота	коп/м ³ в смену	3,6	2,1	2,2

Кроме того, теплоходы ПР-1427 позволяют вскрыть реки для плотового лесосплава на 3-5 дней раньше естественного ледохода, увеличить длительность работы всего флота, занятого на буксировке плотов в половодье.

В диссертации рассмотрены способы плотоводения и остановки плотов без применения тормозных и станковых средств. Способ плотоводения без тормозных лотов и якорей проверен многолетней практикой лесосплава в бассейнах рек Вычегды, Сысолы, Северной Двины, Мезени, Печоры. Практика лесосплава показала, что управляемость плота улучшается, если он имеет небольшую длину, а теплоход обеспечивает скорость буксировки относительно потока не менее 2 км в час. При этом для остановки плотов в половодье используются затопленные побочни, пляжи, косы, а также затоны и староречья, где скорости течения воды меньше, чем у вогнутых берегов.

Автором разработана и осуществлена подвижная обонетка на плитках-опорах, которая позволила исключить обсушку плотов и создать благоприятные условия для формирования, переформирования и хранения плотов в половодье на затопленных пляжах, побочнях и в затонах. Передвижные боны на плитках-опорах вместе с плотами перемещаются поперек реки с помощью теплоходов или тракторов, установленных на противоположном берегу. Они полностью исключают обсушку плотов на спаде половодья.

Наиболее полное использование половодья при сплаве леса в плотах достигается только в тех случаях, когда осадка плотов изменяется по мере подъема и спада уровня воды в половодье.

Для определения габаритов и объемов плотов, имеющих разные

осадки, и графика их предъявления к буксировке автором разработан графоаналитический метод (рис.4-а,б). Оптимальная ширина плота определяется по следующей формуле

$$b_n = b_1 \sqrt{h_0 - T_0} - \Delta b, \quad (32)$$

где Δb - запас ширины эксплуатируемой части потока, который принят, согласно опыту буксировки плотов по Максаковскому временному судоходному протоку, для рек III и IV категорий 3-5 м, для рек шириной 51-75 м - 10 м и рек шириной более 75 м - по Техническим условиям проектирования лесосплавных предприятий.

Величины $b_1 \sqrt{h_0 - T_0}$ - удобно определять по поперечному профилю русла. При этом берутся различные значения уровней воды и соответствующие им оптимальные осадки лесосплавных единиц, замеряются расстояния между точками пересечения горизонтальной плоскости на глубине T_0 с линией профиля живого сечения русла реки. По формуле (32) определяются ширины плотов для различных уровней воды.

Далее определяются оптимальные осадки и объемы плотов при соотношении длин к их ширинам, равному шести, и строятся графики изменения оптимальных осадок, ширин и объемов плотов в зависимости от уровней воды.

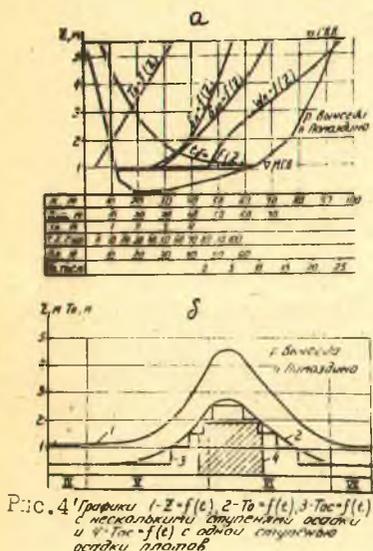


Рис. 4. 1-2-f(t), 2-T0=f(t), 3-T0=f(t) с несколькими ступенчатыми осадками и 4-T0=f(t) с одной ступенчатой осадкой плотов

Аналогичные графики строятся также для одного или нескольких нижележащих лимитирующих створов.

По построенным графикам изменения T_0 , b_n и W_n в зависимости от уровня воды и реальному графику изменения уровней воды с нормативной обеспеченностью строятся графики их изменения во времени для пунктов предъявления плотов к буксировке и расчетных створов, лимитирующих осадки или ширины плотов. Далее по графикам $T_0 = f(t)$ строится график ступенчатого изменения осадки плотов $T_{0c} = f(t)$. По этому графику устанавливаются также календарные даты начала и окончаний периодов буксировки плотов с заданными

осадками, длительности этих периодов и общая длительность лесосплава в половодье.

Однако графики оптимальных параметров плотов, построенные для года с нормативной обеспеченностью уровней воды, приходится корректировать для реальных лет, отличающихся от расчетного года.

Автором были также исследованы и решены такие вопросы, относящиеся к молевому лесосплаву в половодье, как: 1) способы укладки леса на складах, исключающие затраты времени на пуск в сплав или позволяющие пустить его в короткие сроки вместе со льдом с максимальной загрузкой потока лесом; 2) ускорение таяния и разрушение ледяного покрова с целью увеличения длительности сплава леса на подъеме половодья и окончания его до начала разлива воды по поймам; 3) подготовку рек для сплава леса на подъеме половодья, включая и время ледохода, а при недостаточной длительности этого периода - и на его спаде; 4) систему основных и резервных запасов для приема леса со льдом и хранения его при максимальных уровнях половодья; 5) поточную организацию проплава леса с участковой структурой, обеспечивающей непрерывное во времени и безостановочное движение его по реке.

В шестой главе рассмотрены эффективность и перспективы использования половодья для лесосплава.

Автором произведено сопоставление трех структур перевозочных процессов, отличительной особенностью которых является наличие в нем береговой сплотки леса или молевого сплава со сплоткой леса на рейдах.

Береговая сплотка леса со сплавом его в плотях и перевозкой в судах позволяет: 1) создать условия для внедрения поточных производственных процессов с комплексной механизацией и автоматизацией их системой высокопроизводительных машин и средств автоматизации с небольшой номенклатурой; 2) обеспечить оптимальную концентрацию производства и создать необходимые предпосылки для окупаемости в короткие сроки оборудования и сооружений, увеличить время их работы и улучшить использование; 3) создать условия для уменьшения численности и равномерной занятости рабочих на лесосплавных работах в течение всего года и проживания их в современных крупных поселках.

Затраты труда и эксплуатационные расходы по двум сравниваемым процессам в условиях р. Вычегды выше г. Сыктывкара характеризуются данными, приведенными в табл. II.

Табл. II

Наименование работ	(на 1000 м ³)			
	Транспортные процессы			
	с береговой сплоткой	с молевым сплавом	с береговой сплоткой	с молевым сплавом
	трудозатраты, чел. дней	эксплуат. расходы, руб.	трудозатраты, чел. дней	эксплуат. расходы, руб.
Штабелевка и скатка леса в воду	нет	нет	59,6	366
Сортировка леса, сплотка в пучки и формирование плотов на затопляемых местах	31,5	510	нет	нет
Рейдовые работы, сплотка леса, формирование плотов на рейде	нет	нет	75	880
Молевой сплав	нет	нет	126	1664
Фрахт за буксировку плотов	нет	480	нет	нет
ВСЕГО затрат	31,5	990	261	2910

Единый производственный процесс приречного склада с береговой сплоткой леса вносит коренные изменения в структуру перевозочного процесса. Если производственный процесс приречного склада заканчивается формированием плотов на затопляемых местах, то к лесозаготовительным работам добавляется только две работы (сплотка леса в пучки и формирование плотов), но исключаются штабелевка и сброска леса в воду и целые комплексы основных и вспомогательных работ, связанных с молевым сплавом, сортировкой и сплоткой леса, формированием плотов на рейдах, подъемом затонувшей и сбором разнесенной древесины, а также предприятия и участки, выполняющие эти работы.

ВЫВОДЫ

Выполненные автором исследования позволили сделать новые выводы и рекомендации. В результате исследований решены следующие задачи.

1. Получены расчетные уравнения для определения оптимальных гидравлических элементов используемой для лесосплава части потока и соответствующих им оптимальных осадок лесосплавных единиц, максимальных пределов возможного заполнения потока лесом (4-10).

2. Разработан графоаналитический метод определения оптимальных гидравлических элементов, лесопропускной и лесосплавной способностей потока в расчетном створе, характеризующий новый под-

ход к определению его лесотранспортной возможности (II-13).

3. Решены задачи определения гидравлических элементов потока и его лесотранспортной возможности, резервов увеличения длительности лесосплава в половодье с использованием электрочно-вычислительных машин. Методы решения таких задач рекомендованы к применению при обработке исходной информации по этим вопросам на стадиях разработки и внедрения автоматических систем управления лесосплавом.

4. Выявлены особенности ледоходов на реках, текущих на север, юг, в широтном направлении, получены методы количественной оценки длительности половодья и его наиболее характерных периодов, резервов увеличения длительности лесосплава на подъеме половодья. При этом учтено, что устьевые участки рек, текущих на север, и истоки рек, текущих на юг, вскрываются позднее. Чтобы ускорить вскрытие этих участков рек и начать раньше сплав на всем протяжении таких рек и увеличить дополнительно его длительность на подъеме половодья, необходимо ускорить таяние снега и льда, разрушить весенний ледяной покров буксирно-ледокольными теплоходами.

5. Изучены закономерности и особенности взаимодействия мелкозернистых материалов (угля, кирпича и песка) со снегом и льдом, показана высокая его эффективность даже при малых нормах их расхода. Для разрушения ослабленного весеннего льда автором предложен буксирно-ледокольный теплоход ПР-1247, который выпускается серийно.

6. Получены эмпирические формулы, выражающие связь интенсивности таяния снега и льда с физико-механическими свойствами материала (15-22), дающие возможность решать практические задачи.

7. Рекомендованы показатели, характеризующие уровень использования суточной лесопропускной способности потока в любом створе, и расчетные формулы для определения их величин (23-25).

8. Предложены измерители обеспеченности условий безостановочного и непрерывного движения леса при сплаве, отражающие особенности взаимодействия лесосплавных единиц с руслом реки, установлены пределы их измерения, определены задачи и виды подготовки рек к лесосплаву в половодье (26-29). Получена формула для определения фактической загрузки потока лесом в любом створе реки (30).

9. Дано гидравлическое, гидрологическое и технико-экономическое обоснование эффективного использования весеннего половодья для лесосплава.

10. Изучены и сформулированы условия эффективного использования весеннего половодья для сплава леса. Показано, что сплав в плотках и перевозка в судах с береговой сплоткой леса являются главным направлением дальнейшего использования временно судоходных равнинных рек для доставки его в пункты потребления. Их внедрение позволяет в несколько раз повысить производительность труда, получить экономию капитальных вложений и эксплуатационных затрат, и получить дополнительные ресурсы древесного сырья. Разработаны и внесены коренные изменения в способе плотового сплава.

11. Разработана методика определения размеров и объемов плотов с оптимальными осадками, длительностей периодов плотового лесосплава в половодье на реках Ш, IV и У категорий (32).

12. Выявлены особенности проведения молевого лесосплава на подъеме и спаде половодья и показано, что период подъема половодья, включая и время ледохода, обеспечивает наименьшее оседание леса, что обеспечивает сокращение длительности сплава и уменьшение объема работ по скатке обсохшего леса. Наиболее полное использование половодья для молевого лесосплава на реках, непригодных для плотового лесосплава, является основным резервом повышения его эффективности.

Работы автора по эффективному использованию весеннего половодья для сплава в плотках с береговой сплоткой леса и молевым, опубликованные в разное время в печати и изложенные в диссертации, нашли отражение в мероприятиях по повышению производительности труда на лесосплаве и основных направлениях его развития. Они отражают перспективу его развития.

Содержание диссертации опубликовано в следующих работах автора:

1. Приезжий И.И. - Организация и механизация лесосплава в тресте "Вычегдалесосплав", "Механизация трудоемких и тяжелых работ", 1950, № 3.
2. Приезжий И.И. - Пути развития лесосплава в Обь-Иртышском бассейне. "Лесная промышленность", 1953, № 1.
3. Приезжий И.И. - Организация лесосплава в Вычегодском бассейне. "Лесная промышленность", 1953, № 3.
4. Приезжий И.И. - Сплав леса в хлыстах. "Лесная промышленность", 1955, № 3.
5. Приезжий И.И. - Экономическая эффективность новой техники лесосплава. М., ЦНИИТЭИлеспром, 1965.
6. Приезжий И.И. - Универсальный тракторный агрегат В-43. Реферативная информация "Лесоэксплуатация и лесосплав",

ЦНИИТЭИЛеспром, 1967, № 27.

7. Приезжий И.И. - Способы ускорения таяния льда. Реферативная информация "Лесозэксплуатация и лесосплав", ЦНИИТЭИЛеспром, 1968, № 4.
8. Приезжий И.И. - Сплав леса на весеннем паводке, ЦНИИТЭИЛеспром, 1968.
9. Приезжий И.И. - Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов на лесосплаве. М., Из-во "Лесная промышленность", 1969.
10. Приезжий И.И., Куковицкий Ф.Г. - Новый агрегат для зимней сплотки леса. Реферативная информация "Лесозэксплуатация и лесосплав", ЦНИИТЭИЛеспром, 1969, № 20.
11. Приезжий И.И., Реутов Ю.М. - Пути развития береговой сплотки леса. "Лесная промышленность", 1970, № II.
12. Приезжий И.И., Макшанов И.С. - Способы ускорения ледохода на реках. "Лесная промышленность", 1973, № 3.
13. Приезжий И.И. - Экономическая эффективность береговой сплотки леса и плотового лесосплава в половодье. Реферативная информация "Экономика и управление", 1973, № 4.
14. Борисовец Ю.П., Шавров А.М., Приезжий И.И. - Лесосплав 1971 и 1972 гг. Тематический обзор "Состояние и перспективы дальнейшей механизации лесосплава". ВНИПИЭИЛеспром, 1972.
15. Приезжий И.И. - Новая техника штабелевки и скатки леса в воду на береговых складах. Реферативная информация "Лесозэксплуатация и лесосплав", 1974 г.

Содержание работ автора и настоящей диссертации было доложено, обсуждено и одобрено: на ежегодных лесосплавных совещаниях треста "Вычегдалесосплав" в период работы автора главным инженером этого треста (1940-1952 гг.); на научной конференции Коми филиала АН СССР, посвященной развитию производительных сил Коми АССР (1950 г.); на заседании транспортной секции института "Гипролестранс"; на Ученом совете института "ЦНИИЛесосплав"; на заседаниях кафедр водного лесотранспорта и гидравлики Белорусского технологического института, Ленинградской лесотехнической Академии.

Л70340

Подп. к печ. 17/IX-74 г.

Тир. 130

Зак. 2048

Типография

АССУ Минлеспрома СССР