

Даниленко Ольга Константиновна

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЛОЖ ВОДОХРАНИЛИЩ  
(НА ПРИМЕРЕ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС)**

05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Работа выполнена в Братском государственном университете.

<b>Научный руководитель:</b>	доктор технических наук, профессор Угрюмов Борис Иванович
<b>Официальные оппоненты:</b>	доктор технических наук, профессор Дойников Александр Николаевич доктор технических наук, профессор Григорьев Игорь Владиславович
<b>Ведущая организация:</b>	Сибирский научно- исследовательский институт лесной и целлюлозно-бумажной промышлен- ности (СибНИИ ЦБП)

Защита состоится «30» октября 2008 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.018.03 в Братском государственном университете по адресу: 665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40, БрГУ, аудитория 112.

Просим Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями направлять по адресу: 665709, г. Братск, ул. Макаренко, 40, БрГУ, факс (3953) 33-20-08 ученому секретарю совета Чжан С.А.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке БрГУ.

Автореферат разослан « » сентября 2008 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

С.А. Чжан

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Экосистема реки Ангары за последний пятидесятилетний период претерпела значительные изменения, обусловленные главным образом, антропогенным воздействием. Основными причинами быстро развивающихся деструктивных процессов в экосистеме и ухудшения качества воды были: молевой и плотовой сплав леса, химическое загрязнение водоема промышленными предприятиями Иркутска, Ангарска, Братска, Усть-Илимска, Усоля-Сибирского, Коршунихи, Рудногорска и др., создание каскада гидроэлектростанций. В настоящее время на реке Ангаре уже сформированы Иркутское (1956-1960), Братское (1961-1967), Усть-Илимское (1975-1977) водохранилища. В результате строительства гидроузла Богучанской ГЭС на реке Ангаре будет создано водохранилище, четвертое в ангарском каскаде, что приведет к новым масштабным изменениям на значительном отрезке реки. Последствия гидротехнического строительства проявляются в изменении температурного и гидрологического режима и условий жизнедеятельности озерной и прибрежной экосистем, а также подтоплении прибрежных лесов и усилении береговой абразии. В связи с этим в Ангаро-Енисейском регионе значительно возрастает актуальность для лесного хозяйства и лесозаготовительной отрасли разработки теории и надежных методов оценки проекта в плане экологического ущерба и разработки технических мероприятий по снижению их экологического воздействия.

**Цель работы.** Разработать инженерные мероприятия по повышению эффективности лесопользования при подготовке лож водохранилищ при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений.

### **Задачи исследования:**

1. Произвести оценку качества воды реки Ангара при проведении различных степеней лесосводки.
2. Разработать теоретическое обоснование элементов технологии лесопользования при подготовке лож водохранилищ.
3. Разработать и обосновать методику исследования изменения прироста древостоев береговой полосы вследствие изменения экологических условий произрастания.
4. Выявить математические зависимости влияния компонентного состава древесины, заготавливаемой на побережьях водохранилища, на ее эксплуатационную ценность.
5. Разработать технологические мероприятия для проведения лесосводки, рубок обновления и реформирования в береговой зоне водохранилищ.

**Научная новизна работы.** Рассчитан прогнозный качественный состав воды Богучанского водохранилища для различных вариантов лесосводки. Определена взаимосвязь динамики радиального прироста древостоев в зоне влияния водохранилища с параметрами подтопления. Определена математическая связь между уклоном берега и шириной зоны подтопления в соответствии с формированием подпора. Получены корреляционные зависимости выходных параметров варки с компонентным составом исходной древесины.

### **На защиту выносятся следующие положения:**

1. Результаты прогнозной расчетно-аналитической оценки качества воды реки Ангары при проведении различных вариантов лесосводки.

2. Математическая взаимосвязь изменения радиального прироста древостоев в связи с изменением гидрологического режима водохранилищ.

3. Аналитические зависимости для определения технологических свойств заготавливаемой древесины при проведении лесосводки в ложе водохранилища.

4. Комплекс инженерных методов, направленных на повышение экологической безопасности при подготовке лож водохранилищ.

**Достоверность научных исследований.** Достоверность полученных результатов обусловлена использованием последних достижений в области методов исследований и применением современной экспериментальной и измерительной базы. Выводы и результаты исследований основаны на фундаментальных положениях математической статистики и анализа и подтверждаются адекватностью математической модели, математической обработкой результатов экспериментальных исследований с применением ЭВМ.

**Практическая значимость.** Разработаны технические и технологические решения по подготовке ложа строящегося Богучанского водохранилища, внедрение которых обеспечит снижение негативного влияния от строительства гидротехнических сооружений на лесные экосистемы. Полученные корреляционные зависимости служат математической моделью определения эксплуатационной ценности древесины, заготавливаемой на берегах водохранилищ.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях: «Актуальные проблемы лесного комплекса» (Брянск, 2006, 2007), «Экология и жизнь» (Пенза, 2006), межрегиональной научно-технической конференции «Естественные и инженерные науки - развитию регионов» (Братск, 2007), на всероссийских конференциях: «Водохозяйственный комплекс России: состояние, проблемы, перспективы» (Пенза, 2004), «Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание» (Пенза, 2007), на всероссийском научно-техническом семинаре «Экологическая безопасность регионов и риск техногенных аварий и катастроф» (Пенза, 2006).

Работа выполнена в разрезе единого заказ-наряда федерального агентства по образованию РФ «Разработка основ рационального природопользования на базе мониторинга лесных экосистем, подверженных техногенному воздействию» (2002-2007 гг.), а также по российской инновационной программе «Биологические системы, биотехнологические процессы и переработка растительного сырья» (2002-2007 гг.).

**Публикации:** по результатам диссертационного исследования опубликовано 15 печатных работ, из них 1 в издании рекомендованном ВАК.

**Структура и объем работы:** Диссертация состоит из введения, шести глав, основных выводов и рекомендаций и списка литературы. Общий объем работы составляет 175 страниц и включает 30 иллюстраций, 29 таблиц и список литературы из 234 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Введение** содержит актуальность, научную новизну, апробацию работы. Поставлены цель и задачи исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, обоснована практическая значимость работы.

**1. Состояние вопроса.** Одним из последствий создания водохранилищ на равнинных реках является подтопление. В большинстве случаев оно оказывает отрицательное влияние на сельское и лесное хозяйство, строительство, транспортное освоение территории, рекреацию. Проблема, имеющая прямой выход на охрану геологической среды в зонах влияния водохранилищ, - это проблема защиты лесов. Берега водохранилища не являются естественными очертаниями затопленной речной долины, а значит и растительность, присущая прибрежной полосе равнинных рек, в данном случае отсутствует.

Леса прибрежной полосы - особая категория защитных насаждений, поэтому требуется разработка соответствующих технологий, не противоречащих нормативным документам, регулирующим вопрос освоения древесины в данных условиях.

Необходимость проведения рубок в береговой полосе водохранилищ назрела давно. Это позволит вовлечь предприятия лесного комплекса дополнительные источники ценного сырья в условиях истощенных лесосырьевых баз, а также снизит степень негативного влияния колебаний уровня воды водохранилищ на береговую кромку и прибрежные территории. Различным видам рубок в защитных лесах посвящены работы многих исследователей Вялых Н.И., Чибисов Г.А., Граубе Я.А., Ливанов А.П., В.В. Фёдоров, В.А. Васюков, К.К. Демин, Орлов М.М., Петров А.П., Нагорная М.П., Патыкин В.И., Григорьев И.В., Рунова Е.М., Угрюмов Б.И., Жук А.Ю., Новоселов А.В. и др..

В водоохранных лесах проводятся рубки обновления и переформирования, направленные на усиление и сохранение водоохранных свойств этих лесов, своевременное и рациональное использование запасов перестойных и спелых древостоев.

Согласно Наставлениям по рубкам ухода в лесах Восточной Сибири, в защитных лесах проводятся преимущественно сплошные и выборочные рубки обновления и переформирования, обеспечивающие надежное возобновление ценных пород и устойчивость древостоев. Сплошные рубки проводятся в усыхающих и поврежденных пожарами, вредителями и болезнями насаждениях, а также в перестойных древостоях, теряющих защитные свойства.

Поскольку берега Богучанского водохранилища во многом представлены уклонами крутизной 20-30° и более, целесообразно рассмотреть способы заготовки древесины в горных условиях.

**2. Программа и методика исследований.** Для обоснования и разработки технологии освоения древесины по берегам Богучанского водохранилища была разработана программа и методика исследований:

1. Для обоснования проведения лесосводки и лесочистки производился расчет количества органических и неорганических веществ, выделяемых в воду при длительном нахождении древесины в воде. Расчеты по определению концентраций водорастворимых веществ, поступающих в воду из затапливаемого почвенно-растительного покрова, выполнялись с использованием балансового метода Плешкова-Браславского А.П., позволяющего учитывать переменное во времени поступление вещества, а также реальные условия первоначального заполнения и эксплуатации водохранилища.

2. С целью обоснования проведения рубок обновления и переформирования в древостоях по берегам водохранилищ изучалась реакция прироста сосны на водохранилище Усть-Илимской ГЭС, которое можно считать аналогом водохранилища

Богучанской ГЭС (БоГЭС), для чего выбирались участки на различных уровнях влияния водохранилища, на которых возрастным буравом из модельных деревьев брались образцы. Теоретические и натурные исследования, проведенные в зоне воздействия водохранилища БоГЭС и в зоне воздействия его тест-аналога действующего Усть-Илимского водохранилища, которое было затоплено в 1975 году, выявили значительное сходство лесорастительных условий прибрежной части водохранилищ, наиболее подверженных прямому воздействию. Они адекватны друг другу по геотектонике и геоморфологии, климатическим, почвенным и лесорастительным условиям, особенностям русла реки, современной и древней долинам и их обрамлению, реальным и актуальным растительности и животному миру, находятся в одной лесорастительной провинции и лесохозяйственном районе.

3. Для изучения химических и технологических свойств древесины использовались модельные деревья, срубленные на участках, которые будут являться береговой зоной водохранилища БоГЭС. Для получения более достоверных результатов образцы брались из различных частей дерева. Изучение химических свойств свежесрубленной древесины проводилось по общепринятым методикам, отбор и подготовка образцов проводилась согласно требованиям стандартов.

Были исследованы следующие вопросы: получение сульфатной целлюлозы из технологической щепы различных пород древесины; определение выхода и степени делигнификации полученной целлюлозы; определение механических показателей целлюлозы.

Для варок сосновой, лиственничной, кедровой, еловой, березовой и осиновой древесины щепы готовилась вручную в лаборатории СибНИИЦБП. Там же проводились варки щепы на лабораторной экспериментальной установке.

**3. Характеристика объекта исследований.** Данная глава посвящена физико-географической характеристике района исследования, гидрологической характеристике и характеристике состава и свойств воды р. Ангара, а также теоретическому исследованию факторов, формирующих сток и качество воды р. Ангара.

Северное Приангарье относится к подзоне южной тайги. Основным типом растительности являются хвойные леса. Почвы дерново-подзолистые; буротаежные; дерново-карбонатные; подзолистые иллювиально-гумусовые, подзолы глеевые торфяные и торфянистые; таежные торфянисто-перегнойные высокогумусовые неоглеевые. Основные древесные породы – сосна обыкновенная и лиственница сибирская. По ботанико-географическому районированию этот район относится к Среднесибирской макропровинции и выделяется в самостоятельную Ангарскую провинцию.

Для определения в ложе водохранилища запасов древесины под лесосводку и лесоочистку (табл.1), а также запасов древесины в зоне затопления и подтопления использовались данные учета лесного фонда, лесоустроительные и таксационные материалы последнего лесоустройства. В приплотинной части ложа БоГЭС и на других участках, с которых начиналась лесосводка, к настоящему времени сформировались молодняки с запасом древесины 50-100 м<sup>3</sup>/га. Ежегодный прирост древесины в молодняках составляет ориентировочно 3 м<sup>3</sup>/га. Подсчеты показывают, что запасы древесины на залесенной части будущего водохранилища за 10 лет могли увеличиться на 1 млн.м<sup>3</sup>. На 1 кв. км зеркала водохранилища БоГЭС будет приходиться как минимум 5-6 тыс. м<sup>3</sup> древесины.

Лесопокрытые и закустаренные площади и объемы древостоя в зоне затопления водохранилища Богучанской ГЭС

Вид древостоя	Лесопокрытая и закустаренная площадь, тыс.га			Объем древостоя, млн. м <sup>3</sup> ниже отметки			
	ниже 178 м	между 190 и 208 м	ниже 208 м	178 м	185 м	200 м	208 м
Свежерастущий	-	-	-	4,79	6,50	10,97	13,50
Сухостой	-	-	-	0,36	0,49	0,83	1,00
Всего	45,0	55,2	126,5	5,15	6,99	11,80	14,50

Результаты проведенных аналитических исследований качества воды реки Ангара на территории Красноярского края дают основание утверждать, что разбавляющая и самоочищающая способность реки Ангара по нефтепродуктам, фенолам и железу практически исчерпана на всем протяжении реки по территории Красноярского края. Вода р. Ангара – III класса качества, пригодна только для использования ее в промышленности для специальных целей после очистки. Содержание общего органического вещества (по величине ХПК) на участках реки у с. Кежма и пос. Богучаны, в среднем, равно 23,0 – 23,6 мг/л.

**4. Исследование процессов взаимодействия лесных и водных экосистем при затоплении водохранилищ.** Степень и продолжительность влияния затопленной древесной растительности на качество воды определяется следующими факторами: 1. массой древесной растительности, затапливаемой постоянно в мертвом объеме водохранилища; 2. массой древесины, затапливаемой периодически в зоне сработки; 3. породой деревьев; 4. зараженностью древостоя гнилью, ее преобладающим типом и степенью гниения; 5. объемами (мертвого, сработки, общего) водохранилища; 6. режимом первоначального заполнения водохранилища; 7. эксплуатационным режимом сработки и наполнения водохранилища; 8. проточностью водохранилища и отдельных масс воды в нем (застойных и мелководных зон, придонных слоев воды); 9. температурой воды с учетом стратификации; 10. временем нахождения древесины в полностью затопленном состоянии; 11. температурой воздуха в периоды сработки и наполнения водохранилища; 12. содержанием растворенного кислорода в зоне водохранилища.

Для описания процесса загрязнения водной среды еще не существует достаточно простых моделей, широко применяемых для практических расчетов, поэтому по общепринятой методике для описания процесса распространения веществ, выделяемых в воду из древесины, воспользуемся уравнениями гидрогазодинамики (уравнение турбулентной диффузии).

$$D(t) = \frac{k_1}{k_2 - k_1} L(0) (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D(0) e^{-k_2 t} \quad (1)$$

Где  $L(0)$  и  $D(0)$  – начальные значения концентрации водорастворимых органических веществ (ВРОВ) и дефицита кислорода при  $t = 0$ ;  $k_2$  – постоянная реэрации, единица ее измерения (день)<sup>-1</sup>;  $k_1$  – постоянная отбора кислорода.

Скорость разложения ВРОВ пропорциональна их концентрации  $L$  (если присутствует достаточно кислорода):

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L \quad (2)$$

Моделирование загрязнения водной среды рассматривалось на примере двух взаимодействующих групп: вода, содержащая растворенный кислород, и вымываемые из древесины органические вещества.

Согласно разработанной методике, расчеты выполнялись для четырех вариантов: 1 – лесосводка не осуществляется, в водохранилище Богучанской ГЭС затопляется весь лес зоны затопления в объеме 14,5 млн. м<sup>3</sup>; 2 – проектное решение – под затопление оставляется 2,0 млн. м<sup>3</sup> леса, расположенного на различных высотах зоны затопления вплоть до отметки нормального подпорного уровня (НПУ) 208 м; 3 – с вариантом дополнительной лесосводки - под затопление оставляется 1,13 млн. м<sup>3</sup> леса ниже отметки 190 м.; 4- под затопление остается 2,0 млн. м<sup>3</sup> (так же, как и по проекту): свежерастущего в объеме 1,2 млн. м<sup>3</sup>, расположенного ниже отметки 178 м, и сухостоя в объеме 0,8 млн. м<sup>3</sup> ниже отметки 200 м.

В результате расчетов получены общие количества водорастворимых веществ, содержащихся в древесной массе, которые представлены в таблице 2 и изображены графически на рис. 1.

Таблица 2

Общее количество ВРОВ, поступающих в воду при затоплении Богучанского водохранилища

Объем древесины, млн. м <sup>3</sup>	Количество водорастворимых веществ, т
14,50	435000
2,0	60000
1,13	33900

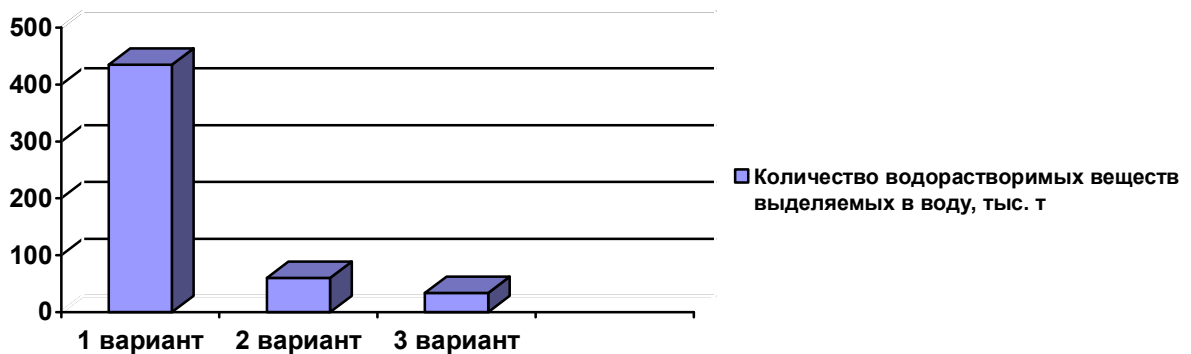


Рис.1. Количество водорастворимых веществ, выделяемых в воду при различных вариантах лесосводки

В таблице 3 приведены результаты расчетов по определению суммарного количества водорастворимых веществ, поступающих в воду водохранилища ежегодно рассчитанных по следующим формулам:

$$C_{\Delta t} = C_0(1 - B) + C_0 B \quad (3)$$

$$C_0 = \frac{P}{V_{np} - V_{исп} + V_{ос}} \quad (4)$$

Где  $B$  - коэффициент водообновления;  $V_{пр}$ ,  $V_{исп}$ ,  $V_{ос}$ ,  $V_0$ ,  $V_t$  – объемы соответственно притока, испарения, осадков, полный в начале расчетного интервала времени, полный в конце расчетного интервала времени.



Суммарное количество водорастворимых веществ, поступающих в водохранилище при отсутствии лесосводки и лесочистки

Годы	$P_d, T$	$P_d/V_{пр},$ мг/л	$B$	$(P_d/V_{пр})B$ мг/л	$C_c,$ мг/л	$C_0(1-B)$ мг/л	$C_t,$ мг/л	Водность года	Наполне- ние водо- храни- лища
1	18060	0,181	1	0,181	0	0	0,181	маловод.	+185
2	30100	0,303	0,961	0,291	0,181	0,007	0,298	маловод	+200
3	36770	0,372	0,899	0,334	0,298	0,030	0,364	маловод	+208
4	35580	0,353	0,824	0,291	0,364	0,064	0,355	маловод	+208
5	31230	0,310	0,824	0,255	0,355	0,062	0,317	маловод	+208
6	25300	0,236	0,843	0,199	0,317	0,050	0,249	маловод	+208
7	20160	0,186	0,843	0,158	0,249	0,039	0,197	сред. водн.	+208
8	16580	0,155	0,843	0,131	0,197	0,031	0,162	сред. водн	+208
9	14260	0,133	0,843	0,112	0,162	0,025	0,137	сред. водн	+208
10	12590	0,117	0,843	0,099	0,137	0,022	0,121	сред. водн	+208

На рис.2 показаны расчетные концентрации водорастворимых веществ, выделяемых в воду при различных вариантах лесосводки, полученных по результатам расчетов.

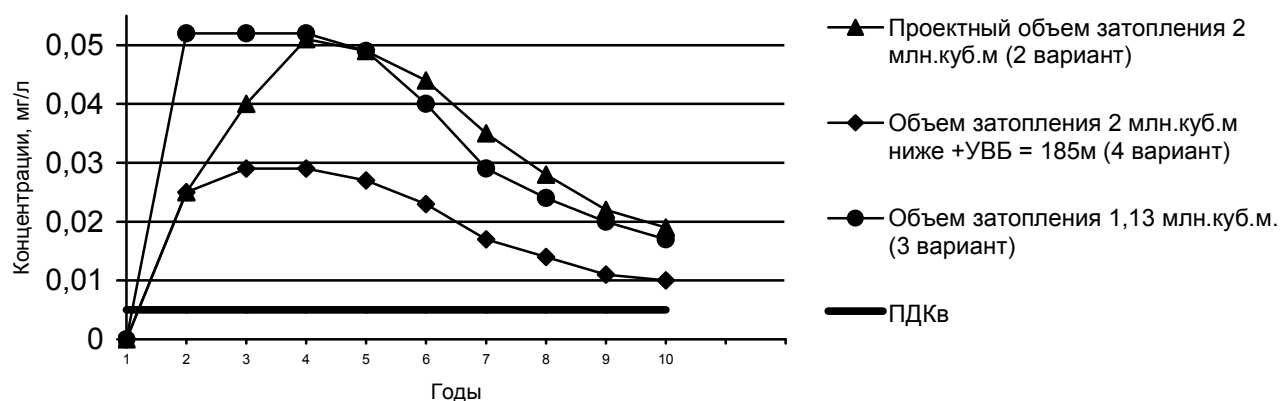


Рис.2. Максимальная концентрация водорастворимых веществ.

Интенсивность потребления кислорода в зависимости от температуры воды рассчитывалась по следующим зависимостям:

При температуре воды до  $10^{\circ}C$ :

$$\alpha_{от} = 0,07643 \frac{V_{др}}{V} (\theta_{вод} + 5,497) \quad (5)$$

При температуре воды более  $10^{\circ}C$ :

$$\alpha_{от} = 0,25738 \frac{V_{др}}{V} (\theta_{вод} - 5,391) \quad (6)$$

Где  $V, V_{др}$  – объемы соответственно водохранилища и древесины;  $\theta_{вод}$  – температура воды.

При расчете количества веществ, поступающих в воду, использовались следующие зависимости:

- Количество таннидов:

$$P_{таннидов} = \alpha_{таннидов} \cdot m_{др.кор} \quad (7)$$

- Количество смолистых веществ:

$$P_{\text{смола}} = \alpha_{\text{смола}} \cdot m_{\text{др}} \quad (8)$$

- Количество азотсодержащих веществ:

$$P_{\text{азот}} = \alpha_{\text{азот}} \cdot (m_{\text{др.зелен}} + m_{\text{др.вет.}}) \quad (9)$$

- Количество фосфорсодержащих веществ:

$$P_{\text{фосфор}} = \alpha_{\text{фосфор}} \cdot m_{\text{др}} \quad (10)$$

Где  $\alpha_{\text{таннидов}}$ ,  $\alpha_{\text{смола}}$ ,  $\alpha_{\text{азот}}$ ,  $\alpha_{\text{фосфор}}$  – содержание водорастворимых веществ в почвенно-растительном покрове;  $m_{\text{др.кор}}$ ,  $m_{\text{др}}$ ,  $m_{\text{др.зелен}}$ ,  $m_{\text{др.вет.}}$  – масса соответственно корней, древостоя, древесной зелени, ветвей.

Анализ современного состояния воды реки Ангара и данных прогнозных расчетов показывает, что вода Богучанского водохранилища в период его формирования и в последующие годы, даже при оставлении 15-25% лесной растительности, не будет соответствовать гигиеническим нормативам, установленным для водоемов в пунктах водопользования населения.

Залесненные долины и лога, периодически затопляемых и подтопляемых участков в результате сезонной сработки и пополнения водохранилища, вследствие низкотоварности произрастающих на них древостоев обычно не подвергаются лесосводке и очистке, либо лесосводка проводится выборочными рубками с изъятием части запаса древесины. Изменение гидрологического режима, микроклиматических условий и влажности почвенного покрова прибрежной территории водохранилища оказывает влияние на высшую растительность, как самого водоема, так и прибрежных территорий. Долины и лога таких водотоков испытывают в результате сезонной сработки периодическое затопление и подтопление большей части корнеобитаемого слоя древесных растений. Задача прогноза подпора грунтовых вод сводится к построению кривой депрессии, сопряженной с новым базисом дренирования – водохранилищем, основываясь на положении кривой депрессии до подпора. При горизонтальном положении водоупорного ложа (схематический гидрогеологический разрез междуречья представлен на рис.3) проф. Каменским предложено следующее уравнение кривой депрессии грунтовых вод в междуречном массиве:

$$h^2 = h_1^2 - x \left[ \frac{h_1^2 - h_2^2}{L} - \frac{w}{k} (L - x) \right] \quad (11)$$

где  $h$  – искомое превышение уровня грунтовых вод над водоупором в расстоянии  $x$  от берега реки А;  $h_1$  и  $h_2$  – превышение уровней воды в реках А и В над водоупором;  $L$  – ширина междуречья;  $w$  – инфильтрационное питание, т.е. количество воды, просачивающееся сверху через единицу площади поверхности земли в единицу времени;  $k$  – коэффициент фильтрации водоносного пласта (в той же размерности, что и величина  $w$ ).

Схематический гидрогеологический разрез междуречья при формировании подпора представлен на рис. 5. Обозначив через  $y$  – ординату уровня грунтовых вод в расстоянии  $x_1$  от берега водохранилища и через  $y_1$  и  $y_2$  соответственно превышение уровня водохранилища А и В над водоупором. Тогда уравнение кривой депрессии после подпора:

$$y^2 = y_1^2 = x_1 \left[ \frac{y_1^2 - y_2^2}{L_1} - \frac{L_1 - x_1}{L - x} \left( \frac{h^2 - h_1^2}{x} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{L} \right) \right] \quad (12)$$

В частном случае, если берега рек крутые и при подпоре воды в реках перемещение урезов воды в горизонтальном направлении незначительно (участок располагается между двумя заливами), то  $x_1 \approx x$  и  $L_1 \approx L$ . Тогда, будем иметь:

$$y^2 = h^2 + (y_1^2 - y_1^2) \frac{L-x}{L} + (y_2^2 - h_2^2) \frac{x}{L} \quad (13)$$

Формулы (12) и (13) являются уравнениями кривых депрессии грунтовых вод после их подпора, обобщающими ряд частных случаев гидрогеологических условий.

Если водохранилище устраивается на одной реке (А), другая река (В) сохраняет бытовые условия, в данном случае очевидно, что в формуле (12)  $y_2 = h_2$ , поэтому:

$$y = \sqrt{y_1^2 - x_1 \left[ \frac{y_1^2 - h_2^2}{L_1} - \frac{L_1 - x_1}{L - x} \left( \frac{h^2 - h_1^2}{x} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{L} \right) \right]} \quad (14)$$

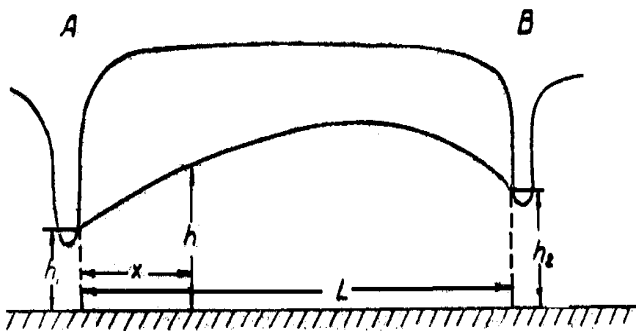


Рис. 3 Схематический гидрогеологический разрез междуречья при горизонтальном водопоре.

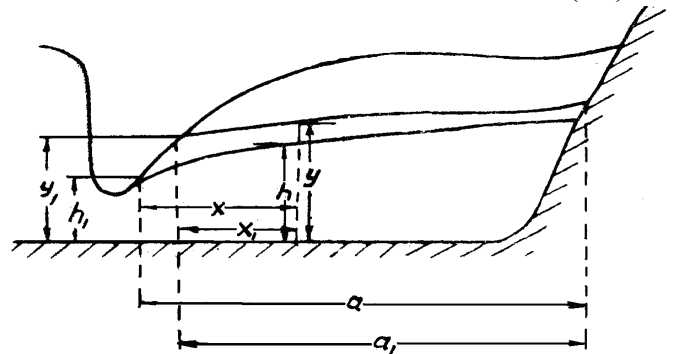


Рис.4. Схематический гидрогеологический разрез формирования подпора на речных террасах

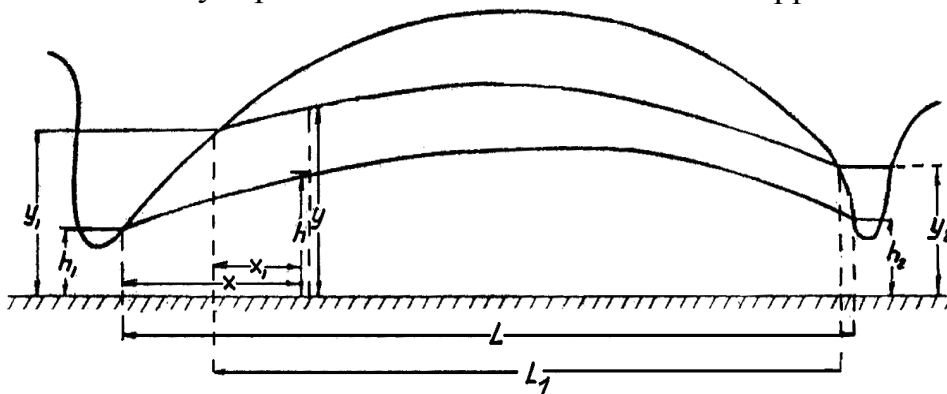


Рис. 5. Схематический гидрогеологический разрез междуречья при формировании подпора.

И соответственно в случае крутых берегов водохранилища:

$$y = \sqrt{h^2 + (y_1^2 - h_1^2) \frac{L-x}{L}} \quad (15)$$

Если ширина междуречья значительно превышает ширину зоны возможного подтопления, т.е. величины  $L$  и  $L_1 \rightarrow \infty$ , то тогда уравнение кривой депрессии будет иметь вид:

$$y = \sqrt{y_1^2 + \frac{x_{12}}{x} (h^2 - h_1^2)} \quad (16)$$

Если при этом склоны водохранилища крутые и перемещение береговой линии после устройства водохранилища незначительно, то  $x_1 \approx x$ :

$$y = \sqrt{y_1^2 + h^2 - h_1^2} \quad (17)$$

Формулы (16) и (17) отвечают условиям одностороннего дренажа грунтового потока, область питания которого настолько удалена от рассматриваемого участка, что расход потока в пределах участка может считаться величиной постоянной.

Схематический гидрогеологический разрез формирования подпора на речных террасах представлен на рис. 4. Тогда уравнение кривой депрессии для речных террас будет иметь следующий вид:

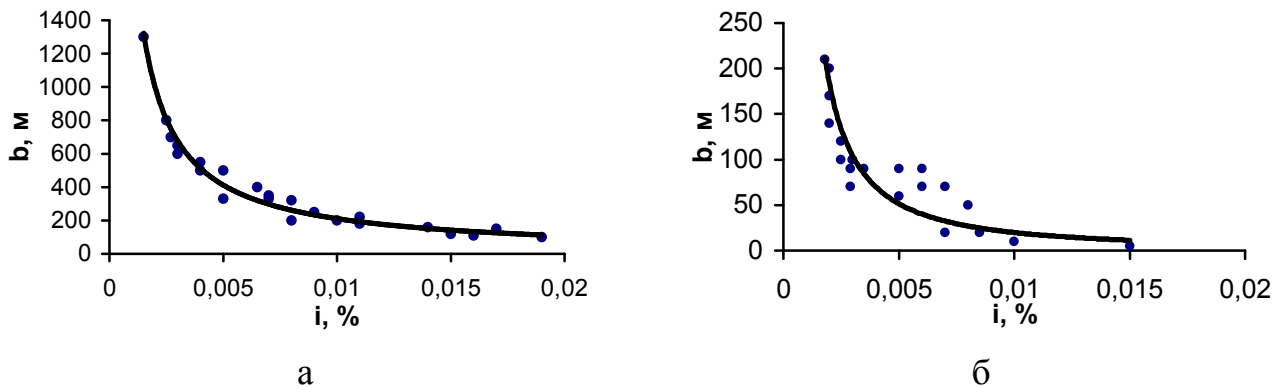
$$y = \sqrt{y_1^2 + (h^2 - h_1^2) \frac{x_1(2a - 2x + x_1)}{x(2a - x)}} \quad (18)$$

Обычно, прилегающая к реке полоса попадает в зону постоянного затопления в связи с увеличением меженных уровней реки по сравнению с естественными в результате осуществления регулирования сезонного и многолетнего стока. Ширина этой полосы невелика и составляет десятки метров. Проанализировав статистические данные по параметрам водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (результаты анализа представлены графически на рис. 6), была выявлена зависимость ширины зоны подтопления от уклона берега, которая может быть описана простой однофакторной моделью имеющей вид:

$$b_n = 3.557 i_{\delta}^{-0.9228} \quad (19)$$

$$b_{cn} = 3.557 i_{\delta}^{-1.04} \quad (20)$$

Где  $b_n$  – ширина зоны подтопления;  $i_{\delta}$  – уклон берега;  $b_{cn}$  – ширина зоны сильного подтопления;  $i_{\delta}$  – уклон берега вблизи уреза водохранилища.



● – статистические данные; — — кривая аппроксимации  
Рис. 6. Связь уклона берега с шириной зоны подтопления (а) и подзоны сильного подтопления (б)

В связи с повышением уровня грунтовых вод и образования зоны подтопления были проведены исследования изменения радиального прироста вследствие затопления Богучанского водохранилища.

Ведущим компонентом лесных экосистем района исследований является древесной. Исследования кернов показали, что колебания приростов в различных условиях зоны влияния тест-аналога в целом синхронизированы по годам, но существенно различаются по величине. Результаты натурных исследований представлены на рис.7.

По результатам натурных исследований модельных деревьев были получены следующие зависимости прироста от параметров подтопления:

$$z_1 = 138.3 n^{-0.522} \quad (21)$$

$$z_2 = 248.1 n^{-0.5789} \quad (22)$$

$$z_3 = 247.8 n^{-0.3742} \quad (23)$$

Где  $z_1, z_2, z_3$  – среднегодовой прирост за трехлетие в % от прироста до создания водохранилища соответственно в зонах сильного, умеренного и слабого подтопления;  $n$  – порядковый номер трехлетия после создания водоема.

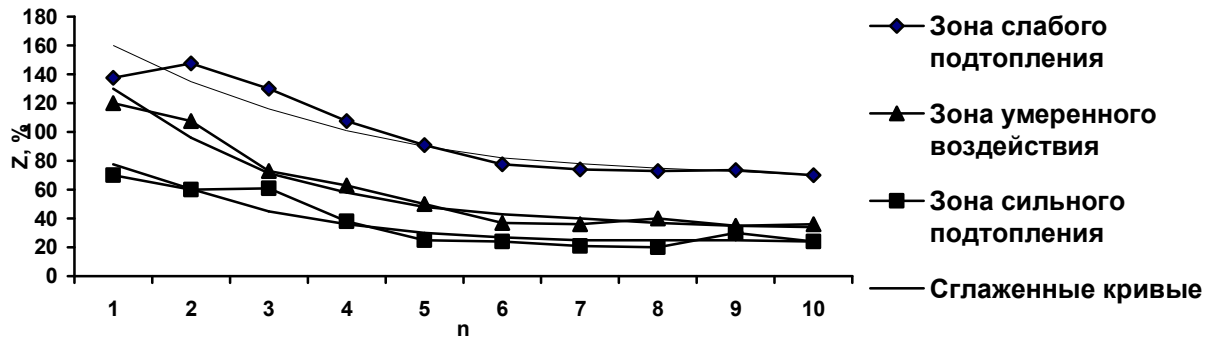


Рис. 7. Динамика радиального прироста сосен по трехлетиям в подзонах сильного, умеренного и слабого подтопления

Все древостои, редины и в целом аборигенную древесную растительность в зоне возможного подтопления целесообразно вырубать не только при лесосводке, но и с воды в первые 3 – 5 лет после затопления. В зоне подтопления необходимо назначать в рубку древостои, затопляемые вследствие выхода грунтовых вод в замкнуто-пониженных участках, среди них в первую очередь ельники, затем сосняки и лиственничники, и, наконец, лиственные насаждения всех эксплуатационных возрастов. Далее назначаются в рубку подтопляемые древостои последовательно: спелые, приспевающие и средневозрастные насаждения ели заболоченных типов леса, затем сосны, лиственницы и лиственных пород тех же возрастов и типов леса, которые резко снизят прирост и вряд ли могут перестроить в этом возрасте свою экологию применительно к новым условиям обитания. Затем объектом рубок главного пользования будут спелые древостои последовательно в типах леса: сложных, кисличниках, зеленомошниках, брусничниках. Рубки ухода в подтопляемых насаждениях должны носить реконструктивный характер. Объектом ухода должны стать более устойчивые породы в смешанных молодняках, которые легче приспосабливаются к изменившемуся гидрологическому режиму и могут в дальнейшем увеличить прирост. В таких условиях в первую генерацию целесообразна адаптация лиственных древостоев. На площадях умеренного подтопления возможна и адаптация хвойных. В молодняках ели и особенно сосны для повышения продуктивности должны удаляться высоковозрастные деревья.

**5. Экспериментальное исследование возможности использования древесины, заготавливаемой при проведении рубок в водоохранных лесах, в качестве сырья для ЦБП.** В районе проведения лесосводки в ложе водохранилища БоГЭС был проведен отбор модельных образцов древесины на ключевых участках-полигонах. Из района исследования было отобрано 230 модельных деревьев. Средняя полнота насаждений – 0,64, средний возраст хвойных насаждений – 143 года, лиственных –

70 лет, средний бонитет – III,7. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4

Химический состав основных пород древесины, произрастающих в различных лесосырьевых базах.

Наименование лесосырьевой базы	Содержание, % от а.с. древесины					
	целлюлозы	лигнина	смола и жиры	водорастворимых веществ	пентозанов	золы
Сосна						
Усть-Илимская	49,43	28,15	4,05	2,68	8,26	0,29
Братская	49,70	27,40	7,90	2,60	7,40	0,24
Богучанская	51,83	26,09	4,77	3,09	7,30	0,23
Лиственница						
Усть-Илимская	41,90	26,73	2,61	11,54	7,84	0,42
Братская	44,80	25,50	3,30	15,40	6,90	0,24
Богучанская	47,35	25,26	2,34	10,47	6,56	0,28
Ель						
Усть-Илимская	50,42	27,70	2,28	2,22	7,97	0,44
Братская	51,80	28,90	2,60	1,90	7,50	0,38
Богучанская	51,70	28,00	2,06	1,96	6,84	0,31
Пихта						
Усть-Илимская	47,23	30,73	2,51	2,97	6,41	0,70
Братская	50,20	30,00	3,70	3,10	6,70	0,60
Богучанская	51,41	28,40	2,83	3,19	5,84	0,77
Кедр						
Усть-Илимская	47,91	25,44	5,65	4,27	6,97	0,27
Братская	50,50	26,00	8,00	4,90	8,20	0,22
Богучанская	50,71	25,50	4,91	6,04	5,74	0,21
Осина						
Братская	51,60	19,90	4,40	3,20	19,00	0,56
Богучанская	52,43	18,59	3,25	2,25	20,85	0,53
Береза						
Братская	48,80	20,20	3,30	1,60	25,10	0,35
Богучанская	48,70	18,77	2,89	2,52	25,49	0,33

Из проведенных исследований следует, что по своему химическому составу древесина сосны Богучанской лесосырьевой базы (БЛБ) наиболее близка к сосне Братской лесосырьевой базы. Отличие состоит в большем содержании целлюлозы Кюршнера.

По выходным параметрам варки видно, что из сосны БЛБ можно получить небеленые целлюлозы с общим выходом ~ на 2% выше, чем из сосны Братской лесосырьевой базе (44,6 и 42,5% от абсолютно сухой древесины соответственно), границы которых географически близко расположены, что объясняется повышенным содержанием целлюлозы в исходной древесине (51,8 и 49,7% от абсолютно сухой древесины соответственно).

Целлюлозы, полученные из кедровой древесины БЛБ практически не отличаются по своим характеристикам от таковых из кедров других баз. Из лиственницы БЛБ по-

лучены целлюлозы с общим выходом ~ на 0,5-0,8% выше, чем из лиственницы, произрастающей в других лесосырьевых базах, что также является следствием повышенного содержания целлюлозы в древесине БЛБ.

По механическим показателям целлюлозы древесины БЛБ (табл.5) не отличаются от механических показателей древесины других лесосырьевых баз

Таблица 5

## Выходные параметры варок древесины различных пород

№ п/п	Порода	Выход сортированной целлюлозы, % от а.с. древесины	Общий выход целлюлозы, % от а.с. древесины	Степень делигнификации по перманганатному числу	Показатели механической прочности небеленых целлюлоз при размоле до 60 <sup>0</sup> ШР			
					Разрывная длина, м	Сопротивление излому, ч.д.п.	Сопротивление раздираанию, Н	Сопротивление продавливанию, кПа
1	Лиственница	40,7	41,8	28,0	6000-7300	1700-3300	1,23-1,78	324-435
2	Кедр	42,6	44,0	30,0	8100-8800	3000-4000	0,93-1,13	481-512
3	Сосна	43,3	44,6	31,0	8500-9500	2700-4000	0,91-1,25	505-526

Результаты сульфатных варок древесины сосны, полученные при варке отдельных деревьев, были подвергнуты математической обработке методом множественной корреляции (расчеты производились с помощью пакета MathCad). Были получены регрессионные уравнения, позволяющие связать выходные параметры варки с компонентным составом исходной древесины:

Для сосны:

$$\hat{y}_1 = 27,064 + 0,562x_1 - 0,313x_2 - 0,039x_3 - 0,336x_4 \quad (24)$$

Общий выход целлюлозы – компонентный состав

$$\hat{y}_2 = 18,12 - 1,8475x_1 + 1,311039x_3 + 1,549x_4 \quad (25)$$

Степень делигнификации – компонентный состав

Для лиственницы:

$$\hat{y}_1 = 45,9226 + 0,0693x_1 - 0,412x_2 - 0,211x_3 - 0,089x_4 - 0,218x_5 \quad (26)$$

Общий выход целлюлозы – компонентный состав

$$\hat{y}_2 = 38,4 - 0,267x_1 - 0,475x_2 + 0,7839x_3 + 0,15x_4 - 0,0146x_5 \quad (27)$$

Степень делигнификации – компонентный состав

Где  $x_1$  – целлюлоза;  $x_2$  – пентозаны;  $x_3$  – смола;  $x_4$  – лигнин;  $x_5$  – водорастворимые вещества, (% от абсолютно сухой древесины).

Экспериментальная проверка полученных уравнений показала их корректность для расчета выходных параметров сульфатных варок древесины хвойных пород в широком диапазоне изменения химического состава древесины вышеуказанных пород. ( $F_p=2,58 > F_{табл}=1,89$ )

**6. Инженерные методы по повышению экологической безопасности при подготовке лож водохранилищ.** В берегозащитных полосах шириной до 300 м в за-

претных полосах вдоль рек (включая их истоки), озер, водохранилищ уход в молодняках рекомендуется проводить интенсивностью до 50% (сомкнутость снижается до 0,4—0,5), а при прореживаниях и рубках обновления полнота не должна снижаться менее 0,7. Вырубаются ветровальные породы (ель, пихта), крупные перестойные деревья, которые могут вываливаться, лиственные, а также сильно наклонившиеся деревья. Подлесочные породы и примесь лиственных пород до 3 ед. состава рекомендуется сохранять. В опушечных (прилегающих к берегу) частях полос (30—50 м) проводятся только санитарные рубки.

На основании анализа литературных источников и результатов проведенных исследований, а также руководствуясь нормативной документацией, приведем основные моменты разработанной технологии (рис. 8, 9):

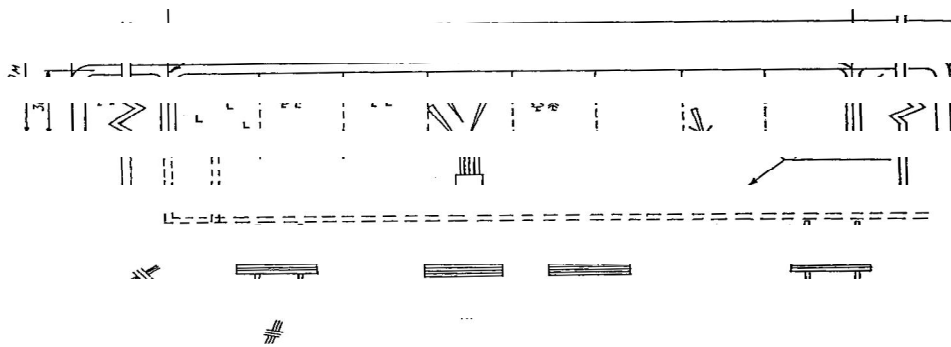


Рис. 8. Технологическая схема проведения рубок обновления и переформирования насаждений в прибрежной полосе лесов водоохранной зоны Богучанского водохранилища (зимние условия, южная экспозиция, пологий склон).

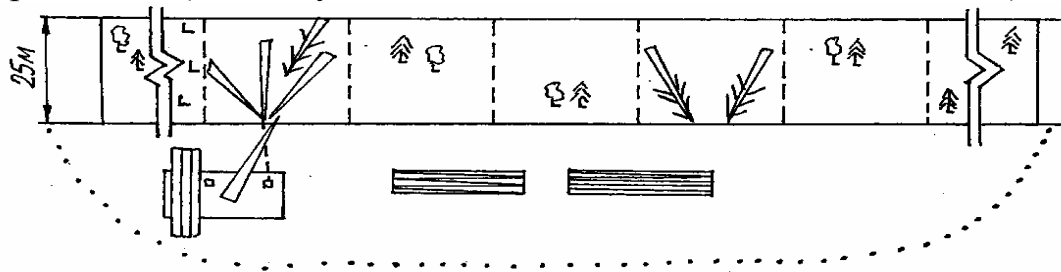


Рис. 9. Технологическая схема проведения рубок обновления и переформирования насаждений в прибрежной полосе лесов водоохранной зоны Богучанского водохранилища (летние условия, пологий склон).

1. На всей площади, уходящей под постоянное затопление, необходимо проведение полной лесосводки и лесочистки, а по береговой полосе будущего водохранилища проведение рубок по обновлению и переформированию древостоев.

2. Целями рубок обновления и переформирования насаждений в пятидесятиметровой прибрежной полосе водоохранной зоны лесов являются: перевод хвойных насаждений в мягколиственные, присущих естественным речным и озёрным ландшафтам, уборка перестойных насаждений, укрепление берегов водохранилищ за счет сохранения корневой системы.

3. В древостоях с мелким подростом, особенно в зимний снежный период при ширине полос 30-35 метров целесообразно применять технологию разработки лесосек двухленточными пасаками. Указанная технология обеспечивает лучший лесоводственный эффект за счет уменьшения в два раза количества волоков и частичного



сохранения подроста в местах прохода валочно-пакетирующей машины, а также за счет укрепления волоков порубочными остатками при работе в бесснежный период.

4. В древостоях без подроста, произрастающих на супесчаных и песчаных почвах, допускается применение технологии разработки лесосек на базе валочно-пакетирующей машины ЛП-19 лентами, перпендикулярными лесовозному уссу с укладкой пачек деревьев под углом к направлению трелевки (следу машины).

5. Система машин: валка деревьев бензопилой «STIHL-066», обрезка сучьев на лесосеке бензопилой "STIHL-036", трелёвка трактором ТТ-4М с чокерным оборудованием, раскряжёвка хлыстов на сортименты бензопилой «STIHL-066», погрузка челюстным погрузчиком ЛТ-65Б, вывозка автолесовозами КамАЗ-4310 - может быть рекомендована для освоения лесосек на крутых склонах, при этом раскряжевку необходимо проводить на погрузочных площадках, т.к. на крутых склонах раскряжевка на лесосеке затруднена. При отсутствии сухопутных путей к лесосеке технология рубки ведется по варианту с транспортировкой древесины по водным путям.

6. При технологии рубки, проводимой по варианту с системой машин: валка деревьев бензопилой «STIHL-066», обрезка сучьев на лесосеке бензопилой «STIHL-036», трелёвка хлыстов на берег машиной для воздушной (канатной) трелёвки МЛ-43, раскряжёвка хлыстов на сортименты бензопилой «STIHL-066», погрузка сортиментов на баржи манипулятором топлякоподъёмника ЛС-41А - минерализация почвы сводится к минимуму, а процент сохранения достигает максимума, при этом при крутизне склонов  $25^{\circ}$  и более трелевка деревьев ведется как за комель, так и за вершину.

7. В условиях крутых склонов и световых экспозиций на последних необходимо создавать максимально плотные, смешанные и многоярусные насаждения с участием в их составе 70% кустарников, что обеспечит: скрепление поверхности склонов, отенение, задержание снега, его замедленное таяние и равномерное проникновение влаги в грунт, снижение испарения, устранение поверхностного стока воды в общее повышение плодородия почв склонов, что в свою очередь скажется на производительности насаждений.

8. После проведения комплекса лесосечных работ в береговой полосы водохранилищ целесообразно оставлять вырубаемые площади под естественное возобновление.

9. Исследования обосновали целесообразность, и необходимость проведения сплошной рубки деревьев в полосе шириной пять метров от кромки штормового уступа независимо от лесорастительных и почвенно-грунтовых условий. В остальном же, разрабатываемые технологические процессы должны базироваться на устоявшихся и общепринятых тенденциях в области лесозаготовительного производства и лесосплава.

## ВЫВОДЫ

1. Определены расчетным путем колебания концентраций водорастворимых веществ в воде Богучанского водохранилища при полном отсутствии лесосводки и лесочистки ложа, значения будут находиться в пределах  $0,121 \div 0,339$  мг/л, фенолов –  $0,0048 \div 0,0248$  мг/л., что означает, что вода водохранилища Богучан-

ской ГЭС в течение 5-6 лет в период его формирования не будет соответствовать гигиеническим нормативам, установленным для водоемов в пунктах водопользования населения.

2. Предложена методика и выполнены экспериментальные и аналитические исследования изменения радиального прироста модельных деревьев вследствие колебаний уровня водохранилища, по результатам которых получена математическая зависимость динамики радиального прироста от параметров подтопления.
3. Выявлена математическая связь уклона берега водохранилища с шириной зоны подтопления, что позволило классифицировать берега водохранилища лесной зоны применительно к прогнозу подтопления
4. Получены корреляционные зависимости выходных параметров варки целлюлозы с компонентным составом исходной древесины и доказано экспериментами, что древесина, заготавливаемая при проведении лесосводки, лесочистки, рубках обновления и реформирования по берегам Богучанского водохранилища, будет служить ценным сырьем для получения сульфатных целлюлоз.
5. Разработаны инженерные мероприятия по проведению лесосводки, лесочистки, адаптивной перестройке молодых ценозов, внедрение которых позволит повысить экологическую безопасность при проведении подготовки ложа Богучанского водохранилища.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Даниленко, О.К. Прогноз изменения древесной растительности под влиянием затопления ложа Богучанского водохранилища [Текст] / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов // Вестник Московского государственного университета леса / Московский гос. ун. леса. – Мытищи, 2007. – вып. № 4(53). – С. 32-37. (авторский вклад – 3 стр.)

### Статьи и материалы конференций

2. Даниленко, О.К. Обзор проблематики последствий для окружающей среды строительства и эксплуатации гидросооружений [Текст] / О.К. Даниленко // Пятая студенческая научно-техническая конференция: сб. матер. / Братский гос. техн. ун-т. - Братск, 2004.- С. 9-13.
3. Даниленко, О.К. Проблемы по защите окружающей среды, связанные со строительством Богучанской ГЭС [Текст] / О.К. Даниленко // Вторая Всероссийская научно-практическая конференция: сб. матер. / Пензенская гос. с.-х. акад. – Пенза, 2004. – С. 31-32
4. Даниленко, О.К. Анализ качества воды р. Ангары [Текст] / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов // Всероссийский постоянно действующий научно-технический семинар: сб. статей / Пензенская гос. с.-х. акад. – Пенза, 2006. – С. 93-95
5. Даниленко, О.К. Гидрохимический анализ качества воды реки Ангары [Текст] / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов, М.А. Доленко // Всероссийская научно-

- техническая конференция: сб. статей / Братский гос. техн. ун-т. - Братск, 2006.- Том 1.- С. 101-102.
6. Даниленко, О.К. Исследование современного состояния реки Ангары [Текст] / О.К.Даниленко, Е.М. Рунова, М.А. Доленко // Всероссийская научно-техническая конференция: сб. статей / Братский гос. техн. ун-т. - Братск, 2006.- Том 1.- С.87-89.
  7. Даниленко, О.К. Прогноз температурного режима р. Ангары в нижнем бьефе Богучанской ГЭС [Текст] / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов // XI Международная научно-практическая конференция: сб. статей / Пензенская гос. с.-х. акад. – Пенза, 2006. – С. 200-201.
  8. Даниленко, О.К. Оценка медико-биологических последствий строительства Богучанской ГЭС [Текст] / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов // Всероссийская научно-техническая конференция: сб. статей / Братский гос. техн. ун-т. - Братск, 2006.- Том 1.- С. 112-114.
  9. Даниленко, О.К. Экологические последствия строительства Богучанской ГЭС [Текст] / О.К. Даниленко, А.Н. Миронов, Б.И. Угрюмов // Всероссийская научно-практическая конференция: сб. статей / Пензенская гос. с.-х. акад. – Пенза, 2006. – С. 84-86.
  10. Даниленко, О.К. Прогноз качества воды в водохранилище и нижнем бьефе Богучанской ГЭС при различных вариантах лесосводки [Текст] / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов // Международная научно-техническая конференция: сб. науч. тр. / Брянская гос. инж.-технол. акад. - Брянск, 2006. – вып. 15. – С. 75-76.
  11. Даниленко, О.К. К вопросу экологического состояния водоемов Иркутской области [Текст] / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов // VII Всероссийская научно-практическая конференция: сб. статей / Пензенская гос. с.-х. акад. – Пенза, 2007. – С. 15-17.
  12. Даниленко, О.К. Влияние затопления Богучанского водохранилища на продуктивность древостоев береговой полосы [Текст] / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов, Р.И. Яремчук // Международная научно-техническая конференция: сб. науч. тр. / Брянская гос. инж.-технол. акад. - Брянск, 2007. – вып. 17. – С. 129-132.
  13. Даниленко, О.К. Влияние затопления лож водохранилищ на продуктивность древостоев береговой полосы / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов // Всероссийская научно-техническая конференция: сб. трудов / Братский гос. техн. ун-т. - Братск, 2007.- С. 65-66.
  14. Даниленко, О.К. Химико-физическая оценка древостоев, подверженных воздействию Ангарского каскада ГЭС [Текст] / О.К. Даниленко, Б.И. Угрюмов, А.Д. Сергеев // Международная школа конференция: избран. лекции / Воронежская гос. лесотехн. акад. - Воронеж, 2007. – Том 2. – С. 118-122.
  15. Угрюмов, Б.И. Пути повышения эффективности использования водных и лесных ресурсов Приангарья [Текст] / Б.И. Угрюмов, О.К. Даниленко // 13-я Международная научно-практическая конференция: доклады / Международная акад. наук высш. шк., Сибирская акад. наук высш. шк. - Томск, 2007. – С. 85-88.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписями, заверенными гербовой печатью, просим направлять по адресу:  
665709, Иркутская обл., г. Братск, ул. Макаренко 40,  
Братский государственный университет  
ученому секретарю диссертационного совета Чжан С.А.

телефон-факс: 8-(3953)33-20-08

*Даниленко Ольга Константиновна*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЛОЖ ВОДОХРАНИЛИЩ  
(НА ПРИМЕРЕ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

---

Подписано в печать 25.09.08. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Печ. л. 1,0 Тираж 100 Заказ

---

Типография Братского государственного университета  
665709, Иркутская обл., г. Братск, ул. Макаренко 40