

УДК 540.4.054

## ВЛИЯНИЕ ЗАТОПЛЕННОЙ И ПЛАВАЮЩЕЙ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

В.П. Корпачев, Л.И. Малинин, М.М. Чебых, Ю.И. Рябокоть, А.И. Пережилин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»  
660049 Красноярск, пр. Мира, 82; e-mail: [ivr@sibstu.kts.ru](mailto:ivr@sibstu.kts.ru)

Водохранилища ГЭС являются мощными источниками воздействия на окружающую природную среду. Затопленная и плавающая древесина не только представляет опасность для судоходства как механический загрязнитель, но и ухудшает качество воды. В работе дается оценка влияния древесной массы на качество воды в водохранилище и приводятся безопасные соотношения объемов древесины и воды.

**Ключевые слова:** водохранилище, древесина, загрязнение, загрязняющие вещества, качество воды

Water basins of hydroelectric power station are powerful sources of influence on environment. The flooded and floating wood not only represents danger to navigation as mechanical polluting substances, but also worsens quality of water. In article the estimation of influence of a wood on quality of water in a water basin and the safe proportions of volumes of wood and water is given.

**Key words:** water basin, wood, pollution, polluting substances, quality of water

### ВВЕДЕНИЕ

Наиболее уязвимыми элементами природы являются взаимосвязанные элементы природы – вода и лес. Глобальные преобразования природной среды связаны именно с этими компонентами природы. Эксплуатацию водных и лесных ресурсов можно считать удовлетворительной лишь в том случае, если диапазон изменения природных антропогенных факторов не превышает пределов приспособляемости живых организмов.

В системе водного хозяйства страны крупным водопользователем является водный транспорт, включающий в себя и водный транспорт леса. Внутренний водный транспорт обеспечивает до 8 % общего грузооборота страны. К водным путям тяготеет более 60 % лесных массивов. И на сегодняшний день для многих лесных регионов транспорт леса по воде остается единственным видом транспорта. Из 100 млн. м<sup>3</sup> заготавливаемой в последние годы в России древесины до 30 % объема доставляется водным путем. Только по Ангаре с 2003 по 2007 годы доставлялось потребителям ежегодно более 3 млн. м<sup>3</sup> древесины. Водным путем доставляется древесина на Братский и Усть-Илимский ЛПК.

Экономические и экологические расчеты показывают, что водный транспорт леса более эффективен по сравнению с автомобильным при транспортировке леса на расстояние более 150 км. Транспортировка леса по воде обеспечивает более низкую себестоимость перевозок по сравнению с железнодорожным и автомобильным транспортом, требует меньших удельных расходов металла и топлива на сопоставимый объем перевозок, меньшие первоначальные капиталовложения – реки, озера, водохранилища.

При выполнении требований ГОСТ 17.1.3.01-76\* «Охрана природы. Гидросфера. Правила охра-

ны водных объектов при лесосплаве», водный транспорт леса является экологически более чистым по сравнению с сухопутными видами транспорта. При замене энергии потока искусственной механической энергией потребовалось бы сжигать ежегодно тысячи тонн жидкого топлива.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Долгие годы реки использовались для молевого сплава древесины. В 1985 г. вышло постановление Правительства СССР «О прекращении молевого сплава». Нарушение Правил и технологий молевого сплава привело к тому, что только в реках Красноярского края и Иркутской области было затоплено более 400 тыс. м<sup>3</sup> древесины.

В 1989 – 1994 гг. сотрудниками кафедры водного транспорта леса (ВТЛ) СибГТУ были проведены натурные обследования рек Красноярского края и Иркутской области, выведенных из молевого сплава. Результаты обследований приведены в таблицах 1, 2 (Корпачев и др., 1995).

Кроме того, необходимо учесть запасы разнесенной древесины в устье р. Енисей, объемы которой по разным источникам колеблются от 400 тыс. м<sup>3</sup> до 1,5 млн. м<sup>3</sup> (Борисовец, 1987).

Антропогенные преобразование водных ресурсов достигли глобальных масштабов. На Енисее и Ангаре появились пять крупных водохранилищ: Красноярское, Саяно-Шушенское, Усть-Илимское, Братское и создается Богучанское.

Созданные водохранилища в лесопокрытой зоне стали не только транспортными артериями с новыми морфологическими характеристиками, но и стали источниками активного воздействия на окружающую природную среду (рис. 1).

О влиянии плавающей и затопленной древесины на качество вод начали говорить еще в шестидесятые годы. Это было связано с проведением

молевого лесосплава преимущественно в бездорожных районах, где он был единственно доступ-

ным способом транспортного освоения лесных ресурсов.

**Таблица 1 – Объемы затонувшей древесной массы на реках Красноярского края, выведенных из молевого сплава, тыс. м<sup>3</sup>**

Название реки	Всего затонувшей древесины	В т.ч. древесины, замытой наносами	Породный состав		Качественный состав		Метод исследований объема и качества древесины	Годы
			лиственница	хвойные породы	деловая	дрова		
1. Мана	174,0	5,5	156,6	17,40	130,0	44,0	Полный учет на всем протяжении реки	1990 – 1994
2. Колба	18,00	6,0	17,3	0,70	12,00	6,0		1990
3. Бирюса	15,04	0,6	14,1	0,94	14,34	0,7		1990 – 1993
4. Чуна	1,32	-	1,32	-	1,2	0,12		
5. Кан	29,00	19,0	28,0	1,00	24,0	5,0	На основе учета на пробных участках	1993 – 1994
6. Оя	1,51	0,3	-	1,51	0,7	0,81		1990
7. Усолка	0,47	-	0,47	-	0,4	0,07		1990
8. Тасеева	12,66	4,3	11,6	1,06	11,07	1,59	Расчетным путем на основе реки-аналога	1990
9. Кунгус	3,52	0,3	1,5	2,02	1,4	2,12		1990 – 1992
10. Агул	1,22	-	0,4	0,82	0,4	0,82	Экспертная оценка	1990
11. Кебеж	0,30	-	-	0,30	0,1	0,20		1990
12. Абакан	2,40	0,4	-	2,40	1,2	1,20		1990
13. Ангара	43,00	-	43,0	-	29,0	14,00	Экспертная оценка	1992 – 1994
Итого	302,44	36,4	274,29	29,15	225,81	76,63		

**Таблица 2 – Количество и качество затонувшей древесины в реках Иркутской области, тыс. м<sup>3</sup>**

Название реки	Всего затонувшей древесины	В т.ч. древесины, замытой наносами	Породный состав		Качественный состав		Метод исследований объема и качества древесины	Годы
			лиственница	хвойные породы	деловая	дрова		
1. Чуна-Уда	68,75	11,0	30,0	38,75	38,75	30,0	Полный учет на всем протяжении реки	1990
2. В. Бирюса	11,09	1,0	9,4	1,59	9,9	1,19		1990
3. Китой	5,5	3,5	5,05	0,4,5	3,8	1,7	На основе учета на пробных участках	1990 – 1993
4. Н. Бирюса	4,5	0,5	4,0	0,5	4,0	0,5		Расчетным путем на основе реки-аналога
5. М. Иреть	4,0	3,0	3,5	0,5	3,5	0,5	Экспертная оценка	1990
6. М. Белая	20,0	14,0	19,0	1,0	14,0	6,0		1990
7. Б. Белая	20,0	14,0	19,0	1,0	14,0	6,0	Расчетным путем на основе реки-аналога	1990
8. Белая	15,0	10,0	12,0	3,0	8,0	7,0		1990
9. Тагул	0,07	-	0,07	-	0,07	-	Расчетным путем на основе реки-аналога	-
10. Туманшет	0,21	-	0,21	-	0,21	-		-
Итого	149,12	57,0	102,23	46,89	96,23	52,89		

Основным источником загрязнения рек и водохранилищ считалась древесина оставшаяся в реках в процессе проведения лесосплава. Анализ отечественной и зарубежной литературы о влиянии лесосплава на степень загрязнения водных объектов не дал однозначного ответа, поскольку 60 – 70-е годы характеризуются как период активного развития химического и лесохимического комплекса, а водные объекты практически использовали для приема сточных вод.

Поскольку реки и водохранилища имели многоцелевое использование, в том числе для целей лесосплава и рыбного хозяйства, то о вредном воздействии находящейся в воде древесины на рыбное хозяйство заговорили тогда, когда в реках резко сократились уловы рыбы. Специалисты рыбного хозяйства объяснили это вредным влиянием лесосплава. В связи с этим у общественности сформиро-

ровалось мнение, что нахождение древесины в воде явилось причиной снижения рыбных запасов.

О неоднозначной оценке влияния лесосплава на рыбное хозяйство отмечается в работах: «... Одни исследователи считают, что лесосплав вреден (Альм, 1923; Строганов, 1937; Гусев, 1952; Арнольд, 1921; Коркин, 1932; Веселов, 1950), другие доказывают, что влияние сплава на водоемы и водные организмы не вредно, а в ряде случаев даже полезно (Правдина, 1933; Державин, 1939; Ярефельд, 1931; Беннинг, 1938; Фридман, 1937; Остроумов, 1947) ...» (Остроумов, 1946; Гусев, 1975; Гусев, Лесников, 1983).

Влияние лесных ресурсов на качество воды оценивается, прежде всего, с точки зрения влияния их на сохранение и воспроизводство рыб, так как в этом случае предъявляются повышенные требования к составу и свойствам воды.

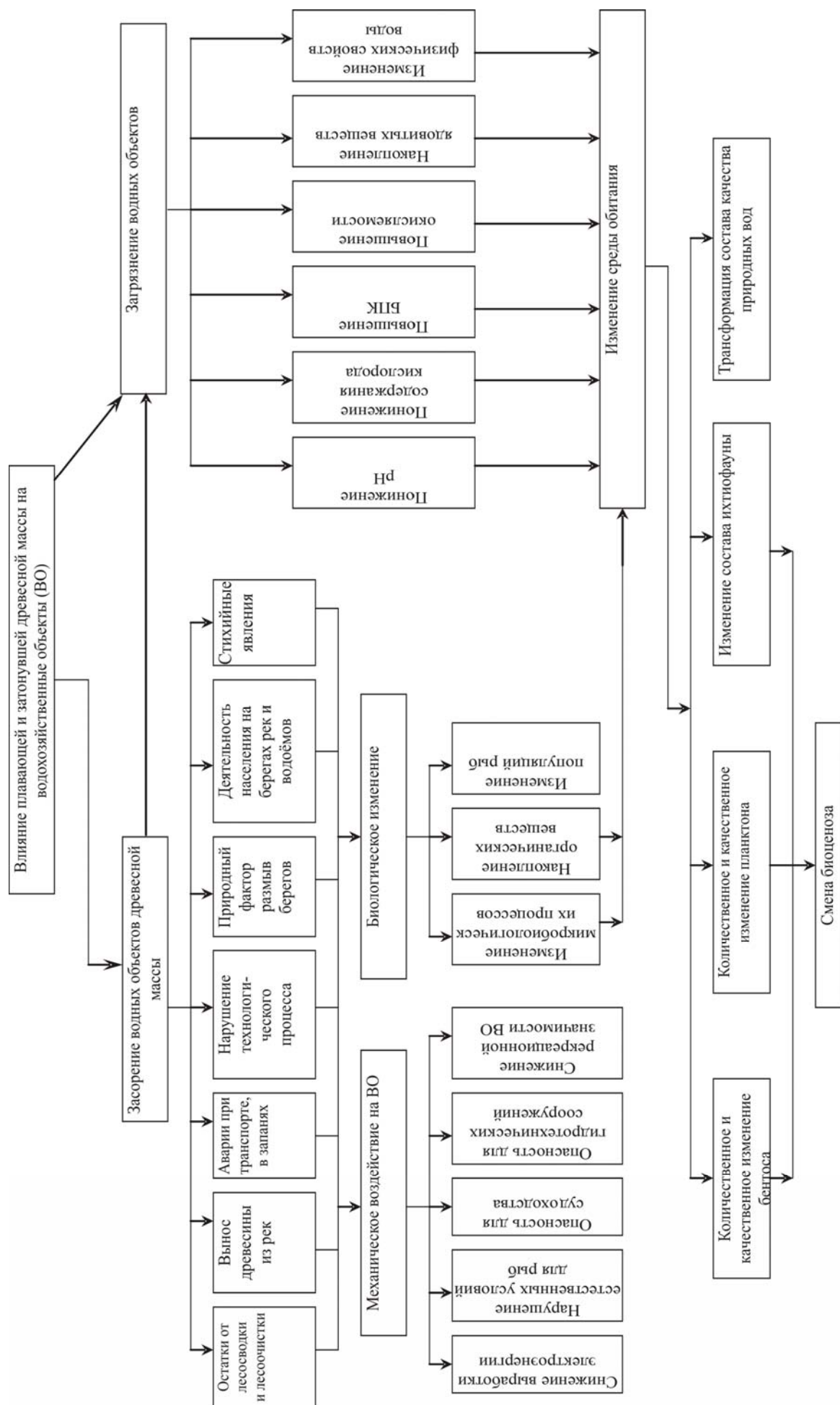


Рисунок 1 – Влияние плавающей и затопленной древесной массы на водохозяйственные объекты

Эти требования с учетом возможных последствий лесосплава, сводятся к следующим (Борисовец, 1988; Соловьев и др., 1985):

- растворимый кислород в пробе, отобранной в период суточного минимума, 6 мг/л;
- биохимическая потребность в кислороде (БПК) полная при 20 °С, 3 мг/л;
- активная реакция рН, 6,5 – 8,5;
- ядовитые вещества не должны содержаться в концентрациях, оказывающих прямое или косвенное неблагоприятное влияние на рыб или водные организмы, служащие кормом для рыб.

Исследования показали, что степень влияния лесосплава на гидрохимический состав воды и на водные организмы определяется предельно допустимой концентрацией древесины в воде.

**Критерием безвредности лесосплава для биологического равновесия водоема является отношение объемов древесины и воды во время лесосплава 1:250**, что доказано многолетними исследованиями ГосНИОРХа, ЛТА. При этом

соотношении количество экстрагируемых веществ в воде колеблется около 1,6 – 2,0 мг/л, что не создает неблагоприятных условий для обитания и развития водных организмов. Поэтому такое отношение рекомендуется не нарушать при проведении лесосплава (Остроумов, 1946; Гусев, 1975; Гусев, Лесников, 1983; Соловьев и др., 1985; Фоминцев, Кулешова, Бородин, 1989).

Результаты исследований показали, что в обычных условиях лесосплава отношение древесины к воде практически значительно меньше рекомендуемого и может обеспечиваться в пределах 1:250 до 1:12500 и менее. При этих условиях данные анализа воды ряда рек во время лесосплава выявили, что основные гидрохимические показатели воды (содержание растворенного кислорода, БПК, рН, концентрация смолистых и дубильных веществ и т.п.) не выходят за пределы, установленные требованиями к составу и свойствам воды рыбохозяйственных водоемов (табл. 3).

**Таблица 3 – Гидрохимическая характеристика воды лесосплавных рек**

Река	Объем лесосплава, тыс. м <sup>3</sup>	Отношения древесины и воды	Реакция рН	Растворенный кислород, мг/л	% насыщения кислородом
Абакан	233	1:3991	6,1	12,0	93
Мана	491	1:631	7,45	11,5	94
Тасеева	465	1:6022	7,5	8,57	75
Бирюса	715	1:2937	7,45	10,6	97

Проведенный анализ химических свойств воды лесосплавных рек показывает, что в подавляющем числе случаев эти показатели находятся в границах действующих предельно допустимых концентраций или мало отличаются от своих значений при бытовом режиме рек. Это подтверждает, что нахождение древесины в определенных объемах не создает заметного дополнительного загрязнения воды по сравнению с естественной загрязненностью ее в данном водоеме при отсутствии лесосплава.

Влияние скопления объемов древесной массы на загрязнение водных объектов, на изменение гидрохимического состава воды проявляется в местах ее концентрации. Концентрация древесины в заливах наблюдается на всех водохранилищах ГЭС Ангаро-Енисейского региона (АЕР). Сосредоточение древесной массы в заливах происходит под воздействием природных и антропогенных факторов.

На водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС, плавающая древесная масса собрана с основной акватории и сосредоточена в устьевых участках притоков, с удержанием его с помощью лесозадерживающих запаней. В результате установки запаней на акватории водохранилища и в его заливах образовались скопления древесной массы в объеме около 1 млн. м<sup>3</sup> (Проект берегового хранилища ..., 1994). Такое размещение древесной массы улучшило условия эксплуатации ГЭС, но явилось причиной изменения качества воды в заливах. По данным исследования ученых Красноярского государственного университета качество

воды в заливах ухудшилось: увеличилось содержание аммонийного азота, нитритов, фосфатов, органического вещества, фенолов. По степени загрязненности вода в заливах оценивается как «сильно загрязненная», по состоянию биоты – как «слабо-умеренно загрязненная». В то же время в открытой части водохранилища вода по состоянию биоты оценивается как «достаточно-чистая». Скопление древесной массы провоцирует создание застойных зон в заливах, благоприятных для развития сине-зеленых водорослей.

Загрязнение воды в заливах может увеличиваться также за счет выноса загрязняющих веществ с притоками. В таблице 4 показано качество воды р. Джойская-Сосновка и ее правого притока, в устьевом подтопленном участке, в которой расположена лесозадерживающая запань.

Используя критерий безвредности для биологического равновесия водоемов – отношение объемов древесины и воды (1:250) по графику (рисунок 2) можно определить зону безопасного соотношения объемов древесины для Богучанской ГЭС (БогГЭС). Расчет выполнен для полного объема водохранилища 58,2·10<sup>9</sup> м<sup>3</sup> при отметке НПУ-208,0 м.

Поэтому, учитывая негативный опыт формирования плавающей древесины в заливе Джойская Сосновка (Саяно-Шушенская ГЭС) объемом до 1 млн. м<sup>3</sup>, где вода оценивается как «сильно загрязненная», для БогГЭС и других создаваемых водохранилищ, необходимо предусмотреть мероприятия для самых неблагоприятных условий (форсмажорных ситуаций), как вариант – распределение древесины по заливам в небольших объемах.

Затопленные лесные ресурсы могут формировать запасы фенольных соединений. По данным работы И.Ф. Савченко и М.Н. Савченко (Савченко, 1999) древесина может дать от 0,00022 до 0,012 % фенолов. Выделение фенольных соединений зависит от многих факторов: продолжительность нахождения древесины в воде, температура воды, поро-

да древесины и т.д.

Так, например, в Зейском водохранилище, за 24 года эксплуатации, суммарный сток фенолов составил 5 тыс. т, т.е. в среднем 208,4 т в год.

На рисунке 3 представлен расчет формируемых в водохранилище БoГЭС минимальных и максимальных объемов фенолов.

**Таблица 4 – Качество вод в ручье Джойская-Сосновка (измерения 1993 г.)**

Место сбора проб	Дата отбора	Прозрачность, см	Цветность, град.	t °C	Взвешенные вещества, мг/л
1	2	3	4	5	6
Руч. Дж.-Сосновка (правый приток) выше хранилища древесины	31.05	34	90	5,5	0,8
	27.07	38	70	9,4	2,9
	29.09	26	72	6,0	4,9
Руч. Дж.-Сосновка (до впадения правого притока) ниже хранилища древесины	31.05	51	38	7,0	1,0
	27.07	51	26	11,2	2,0
	29.09	51	28	9,0	4,0
ПДК рыбохозяйственные	–	–	–	20 – 28	≤0,25
ПДК хоз.-питьевые	–	20 орг	20 орг	–	≤0,75
ПДК экологические	–	–	–	<20	<20
Класс качества	–	–	–	I	I

**Продолжение таблицы 4**

рН	Кислород		CO <sub>2</sub> , мг/л	Жесткость общая, мг экв/л
	мг/л	%		
7	8	9	10	11
7,30	11,74	94	4,4	0,39
6,65	10,14	93	6,6	0,51
6,85	11,87	100	7,2	0,79
6,65	11,39	93	3,5	0,57
7,45	9,39	90	3,5	1,01
6,30	10,68	97	8,8	1,01
6,5-8,5	≥6	–	–	–
6,5-8,5	≥4	–	–	7,4
6,5-8,5	≥8	90	–	<15
I	I	I	–	I

**Продолжение таблицы 4**

		Основные ионы, мг/л							Минерализация, мг/л	ХПК, мгO <sub>2</sub> /л	БПК <sub>5</sub> , мгO <sub>2</sub> /л
Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>				
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
2,6	3,2	1,02	22,6	1,8	3,4	0,00	0,08	36,3	45,9	3,6	
5,8	2,7	0,59	23,2	2,0	6,0	0,00	0,18	41,7	24,6	3,4	
4,9	6,6	0,29	42,7	3,1	4,7	0,00	0,28	65,5	33,9	5,5	
4,4	4,3	0,26	34,8	1,8	3,4	0,00	0,11	52,3	18,9	2,2	
10,1	6,2	0,18	56,7	2,0	6,5	0,00	0,30	86,1	8,2	2,1	
8,5	7,2	0,28	57,4	2,8	4,8	0,00	0,30	83,9	25,4	0,6	
180 ст	40 ст	0,5 т	–	300 ст	100 ст	0,08 т	40 ст	–	–	2,0	
–	–	2,6 ст <sup>3</sup>	–	350 орг <sup>4</sup>	500 орг <sup>4</sup>	3,3 ст <sup>2</sup>	45 ст <sup>3</sup>	1000	15	–	
–	–	<0,1	–	<50	<50	<0,007	<4,4	<300	15	<2,0	
–	–	IV–III	–	I	I	I	I	I	II	II	

**Окончание таблицы 4**

Фосфаты, мг/л	Фосфор общий, мг/л	Si, мг/л	Fe общий, мг/л	Фенолы, мг/л	СПАВ, мг/л	Нефтепродукты, мг/л	Cu, мкг/л	Zn, мкг/л
23	24	25	26	27	28	29	30	31
0,029	0,054	3,9	1,69	0,001	0,00	2,26	6,1	0,0
0,049	0,063	3,7	1,21	0,002	0,00	0,07	5,1	12,0
0,019	0,057	5,6	0,95	0,004	0,00	0,08	4,8	10,0
0,005	0,019	3,9	0,16	0,001	0,00	5,10	2,9	0,0
0,007	0,024	3,7	0,09	0,001	0,01	0,00	2,9	7,0
0,016	0,061	4,9	0,14	0,004	0,00	0,10	3,6	10,0
0,2 т	–	–	0,1 т	0,001 рб	0,1 ст	0,05 рб	1,0 т	10 т
1,1 орг <sup>3</sup>	–	10,0	0,3орг <sup>3</sup>	0,001 орг <sup>4</sup>	0,5 орг <sup>4</sup>	0,1 орг <sup>4</sup>	10,0 орг <sup>3</sup>	1000 орг
<0,025	0,05	–	<0,5	<0,002	0,00	0,000	<20,0	<200
II-I	II	–	IV-I	II	I	VI	I	I

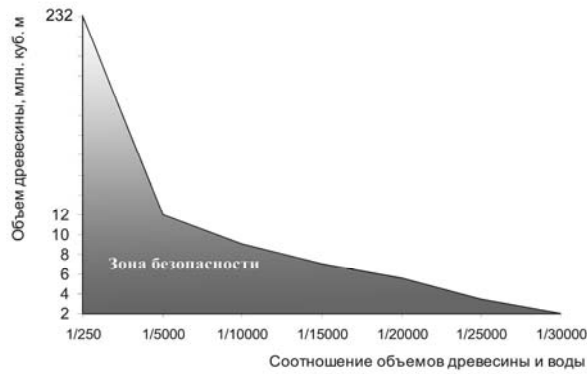


Рисунок 2 – Соотношение объемов древесины и воды

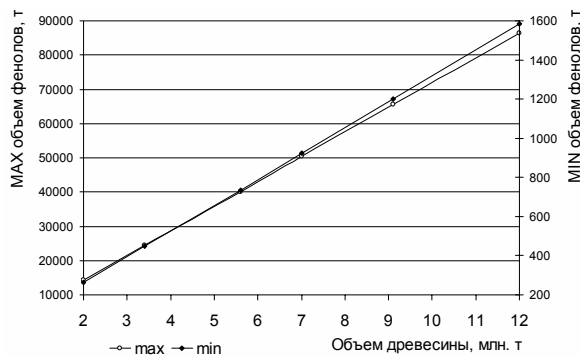


Рисунок 3 – Зависимость поступления фенолов от объема древесины

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очистка водохранилищ и рек от затопленной и плавающей древесной массы представляет собой сложный технологический процесс, требующий разработки специализированного оборудования с использованием стандартного оборудования, требует изучения динамических процессов на водохранилищах, исследование переместительных операций в процессе освоения древесной массы.

Сложившаяся в большинстве регионов России непростая экологическая обстановка на водных объектах выдвинула на первый план проблемы управления, рационального использования водных

и лесных ресурсов, обеспечивающих жизнедеятельность человеческого общества, животного мира и живой природы.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Борисовец, Ю.П. Освоение древесного сырья на акваториях водохранилищ Восточной Сибири и Енисейского залива / Ю.П. Борисовец. – М. : ВНИПИЭИлеспром, 1987. – 36 с.
- Борисовец, Ю. П. Охрана природы при лесосплаве / Ю.П. Борисовец. – М. : ВНИПИЭИлеспром, 1988. – 20 с.
- Влияние древесины на кислородный баланс водоемов : лекция для студентов спец. 1512, 0901, 0902, 0903, 0904, 0905, 0519 / В.А. Соловьев, М.Я. Гашкова, А.С. Алексеев, А.Н. Ташев. – Л. : ЛТА, 1985. – 56 с.
- Гусев, А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения / А.Г. Гусев. – М. : Пищевая пром-сть, 1975. – 368 с.
- Гусев, А. Г. Рыбное хозяйство и лесосплав / А.Г. Гусев, Л.А. Лесников. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983.
- Корпачев, В.П. Методика прогнозирования поступления древесной массы при затоплении и эксплуатации водохранилищ ГЭС Ангаро-Енисейского региона / В.П. Корпачев, Л.И. Малинин, М.М. Чебых // Использование и восстановление ресурсов Ангаро-Енисейского региона : сб. научн. тр. Всесоюз. научно-практ. конф. Т.П. – Красноярск, Лесосибирск, 1991. – С. 107-113.
- Корпачев, В.П. Проблема загрязнения и засорения древесной массой рек и водохранилищ Ангаро-Енисейского региона / В.П. Корпачев [и др.] // Лесоэксплуатация. – 1995. – С. 7-17.
- Остроумов, Н.А. Значение лесосплава в рыболовном хозяйстве северных равнинных рек / Н.А. Остроумов // Доклады АН СССР, том L41, № 1. Гидробиология, М.-Л. – 1946. – С. 87-89.
- Проект берегового хранилища извлекаемого из водохранилища сырья. Саяно-Шушенская ГЭС на р. Енисей РАО «ЕЭС России АО Ленинградпроект», Санкт-Петербург, инв.№1047-8-263, 1994. – 29 с.
- Савченко, И.Ф. Экология дальневосточных водохранилищ: проблемы органического загрязнения / И.Ф. Савченко, М.Н. Савченко // Экология и промышленность России. – 1999. – С. 19-23.
- Фоминцев, М.Н. Лесосплав и экология: обзор. информ / М.Н. Фоминцев, Т.В. Кулешова, Ю.В. Бородин. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1989. – 32 с.

Поступила в редакцию 25 января 2008 г.  
Принята к печати 27 августа 2008 г.