

УДК 504.455

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ГЭС ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ****Пережилин А.И., Кorpачев В.П., Андрияс А.А., Гайдуков Г.А.***ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»,  
Красноярск, e-mail: ivr@sibgtu.ru*

Водохранилища ГЭС, построенные в лесопокрытых регионах Сибири, явились аккумулятором не только плавающей, затопленной и полузатопленной древесной массы, но и значительных объемов органических веществ растительного происхождения, содержащихся в лесной подстилке, дернине, моховом очесе на болотах, корневой системе древесно-кустарниковых пород, размещающихся в подстилке и верхних горизонтах почвы, гумуса, торфа. Органические вещества вносятся реками, впадающими в водохранилища, с промышленно-бытовыми сточными водами и атмосферными осадками, в процессе размыва берегов и т.д. Органические вещества, затопляемые непосредственно в ложах водохранилищ и поступающие в процессе их эксплуатации, оказывают влияние на качество вод. В статье на примере наполняемого в настоящее время Богучанского водохранилища описывается структура загрязняющих органических веществ, а также представлен прогнозный расчет объемов их поступления в ложе водохранилища.

**Ключевые слова:** водохранилище, загрязнение, лесопокрытые территории, Богучанская ГЭС

**POLLUTION OF RESERVOIRS HPS BY ORGANIC SUBSTANCES OF VEGETABLE ORIGIN****Perezhilin A.I., Korpachev V.P., Andryas A.A., Gaydukov G.A.***Siberian state technological university, Krasnoyarsk, e-mail: ivr@sibgtu.ru*

Reservoir HPS, built in the forested regions of Siberia, were not just floating accumulator, flooded and waterlogged wood pulp, but also significant amounts of organic vegetable matter contained in the leaf litter, grass, moss bogs, the root system of trees and shrubs are placed in litter and upper layers of the soil, humus and peat. Organic substances are made by rivers flowing into the reservoir, with industrial wastewater and precipitation, in the process of erosion the coast, etc. Organic matter, flood reservoirs directly in the loges and entering the course of their operation, affecting on water quality. In the article, the example of the filled now Boguchanskaya HPS reservoir, describes structure, organic matter pollution, and presents the forecast calculation of the volumes of their arrival in the bed of the reservoir.

**Keywords:** reservoir, pollution, wooded area, Boguchanskaya HPS

Особенность водохранилищ ГЭС Сибири заключается в том, что они располагаются на лесопокрытых территориях. Строительство и эксплуатация каскадов ГЭС на реках Ангара и Енисей привели к затоплению больших объемов древесно-кустарниковой растительности, сухостоя и захламленности. Общий объем затопленной древесной массы в водохранилищах ГЭС Сибири по данным кафедры использования водных ресурсов СибГТУ (после заполнения водохранилища Богучанской ГЭС (Богучанская ГЭС) до отметки НПУ 208,0 м БС) составит более 33 млн м<sup>3</sup>.

Основной причиной затопления древесной массы является отказ от проведения ввиду экономической неэффективности лесосводки в проектных (плановых) объемах.

Водохранилища ГЭС, построенные в лесопокрытых регионах, явились аккумулятором не только плавающей, затопленной и полузатопленной древесной массы, но и значительного объема органических веществ растительного происхождения: лесного опада, корневой системы древесины и кустарников, болотно-торфяных залежей и т.д., которые оказывают влияние на каче-

ство вод водохранилища и непосредственно на водные ресурсы в нижнем бьефе.

Особенности загрязнения водохранилищ ГЭС органическими веществами растительного происхождения рассмотрим на примере наполняющегося водохранилища Богучанская ГЭС с учетом реально выполненных работ по подготовке ложа под затопление – лесочистке спецучастков. Лесосводка в ложе водохранилища не проводилась ввиду экономической неэффективности. При этом за более чем тридцатилетний период, прошедший с момента начала строительства плотины и проведения в зоне затопления водохранилища первой частичной лесосводки и лесочистки произошли качественные и количественные изменения характеристик древостоя: нетоварная древесина перешла в разряд товарной; на площади спецучастков, где производилась лесочистка, появился молодой подрост; оставленные порубочные остатки от лесосводки частично сгнили. Учитывая отмеченные особенности и тот факт, что последняя инвентаризация проводилась ВО «Леспроект» в 1966 году, определение реального объема затопления и составления прогноза загряз-

нения водохранилища является сложной задачей. Поэтому определение реальных объемов затопления древесно-кустарниковой растительности и прогнозных значений загрязнения водохранилища органическими веществами является сложной задачей.

**Цель исследования** – определение реального объема затопления древесно-кустарниковой растительности в ложе водохранилища Богучанской ГЭС и разработка прогноза загрязнения органическими веществами.

#### Материал и методы исследования

Исходными данными для определения объемов (ресурсов) органических веществ являются: объемы древесной массы, определенные по методике прогнозирования объемов засорения древесной массой водохранилищ ГЭС [3, 4]; объем древесины в пнях, корневой системе; объемы гумуса; объемы торфа; запасы органических веществ в лесной подстилке; воды, приносимые выпадающими в водохранилище реками, содержащими биогенные, органические вещества и микроэлементы; органические вещества, поступающие с промышленно-бытовыми сточными водами; органические вещества, поступающие в водохранилище в процессе размыва берегов; органические вещества, выпадающие с атмосферными осадками; органические вещества, возникающие в водохранилище за счет развития фитопланктона.

В основу разработки прогноза загрязнения водохранилища БоГЭС положены материалы натуральных обследований, проведенных сотрудниками кафедры ИВР СибГТУ в зоне затопления ложа водохранилища в 2006 и 2012 годах; инвентаризации древесно-кустарниковой растительности, выполненные филиалом ФГУП «Рослесинфорг» «Востсиблеспроект» в 2006–2007 годах (общая площадь земель – 153141 га, в том числе покрытая лесной растительностью – 122043 га; общий запас древесной массы – 11458,2 тыс. м<sup>3</sup>); реально выполненных работ по подготовке зоны затопления (лесоочистке спецучастков на площади 16587,4 га с объемом убранный древесины 1149,7 тыс. м<sup>3</sup>).

#### Результаты исследования и их обсуждение

Объем органических веществ растительного происхождения в ложе водохранилищ ГЭС определяется по методике [5] методом суммирования показателей природных и антропогенных источников загрязнения. Основными источниками загрязнения являются: древесная масса, поступающая в водохранилище в первый год эксплуатации водохранилища, древесина в пнях и в корневой системе, лесная подстилка, гумус, торф, внешние источники засорения.

I. Реальный объем затопления древесно-кустарниковой растительности, сухостоя и захламленности (древесной массы) для утвержденного сценария подготовки ложа водохранилища БоГЭС под затопление составляет 10,3 млн м<sup>3</sup> [10].

II. В зоне затопления в процессе лесосводки на территории Кежемского района

в 1981–1987 годах было убрано 6,6 млн м<sup>3</sup> древесины. За прошедшие после лесосводки годы, как показали натурные обследования, порубочные остатки, пни осины и березы полностью превратились в труху.

В связи с этим объем древесины в пнях определится следующим образом:

1. Объем древесины осины и березы, убранный в процессе первой лесосводки, составляет 21,4% [8], т.е. объем сгнившей древесной массы в пнях составляет 42,4 тыс. м<sup>3</sup>.

Объем древесины в пнях, оставшейся от первичной лесосводки, с учетом того, что объем древесины в пнях составляет 2–3% от объема заготавливаемой древесины [2, 6]; СанПиН 3907–85 «Санитарные правила и нормы проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ» допускают оставлять при проведении лесосводки и лесоочистки пни высотой до 50 см, таким образом, объем древесины в пнях в зоне затопления может составлять до 7% запаса древесины на корню. С учетом отмеченных особенностей и натуральных обследований объем древесины в пнях, оставшийся от первичной лесосводки, составляет 155,6 тыс. м<sup>3</sup>.

2. Объем древесины в пнях после проведения лесоочистки на территории Красноярского края и Иркутской области равен 43,8 тыс. м<sup>3</sup>.

3. Таким образом, суммарный объем древесины в пнях составит 199,4 тыс. м<sup>3</sup>.

III. Объем древесины в корневой системе, зависящий от запаса и породного состава древесно-кустарниковой растительности, определяется в соответствии с положениями отчета [8] и представлен в табл. 1.

IV. Объем лесной подстилки зависит от типа леса и составляет по разным источникам от 17 до 90 т/га [9, 11]. Натурные обследования в разных створах водохранилища показали на слабый слой лесной подстилки, поэтому в расчете его можно принять равным 54 т/га. В пересчете на всю площадь зоны затопления объем лесной подстилки составит 6590,3 тыс. т.

V. Почвы в ложе БоГЭС содержат мало-мощный гумусовый горизонт от 10 до 20 см.

Иногда в слабоподзолистых почвах с 25–30 см залегает второй гумусовый горизонт мощностью от 10 до 15 см. Максимальная мощность гумусового горизонта по данным экспедиционных исследований не превышает 32 см [11].

Слабый слой гумуса объясняется тем, что в период проведения первой лесосводки и лесоочистки был нарушен естественный процесс формирования гумуса, малым запасом лесного опада, изменившимися влагообменом и температурой воздуха на поверхности почвы [8]. Общий запас гумуса составит 16845,5 тыс. т.

Таблица 1

Объем древесины в корневой системе ложа водохранилища БоГЭС

Порода	Объем		Объем корневой системы, %	Расчетный объем корневой системы	
	тыс. м <sup>3</sup>	%		%	тыс. м <sup>3</sup>
<i>Запас древесины, вырубленной при проведении первой лесосводки</i>					
Сосна	2658,26	40,2	15–25	17,5	465,2
Лиственница	1686,21	25,5	12–15	13,5	227,6
Кедр	26,45	0,4	12–16	14,0	3,7
Ель, пихта	826,56	12,5	10–12	11,0	90,9
Береза, осина	1415,12	21,4	5–12	8,0	–
Итого	6612,6	100,0			787,4
<i>Запас древесины в зоне затопления по материалам инвентаризации 2006 – 2007 годов</i>					
Сосна	3065,83	29,3	15–25	17,5	536,5
Лиственница	3787,82	36,2	12–15	13,5	511,4
Ель, пихта	2050,87	19,6	10–12	11,0	225,6
Береза	1297,49	12,4	5–12	8,5	110,3
Осина	261,59	2,5	5–10	7,5	19,6
Итого	10463,60	100,0			1403,4
Всего					2190,8

Примечание. Объем древесины приведен с учетом сухостоя и единичных деревьев.

Необходимо отметить, что по данным [7, 12] объем гумуса составляет 19672 тыс. т.

VI. Для оценки запаса торфа в ложе водохранилища БоГЭС рассматриваются два источника информации: прогноз всплывания торфа в Богучанском водохранилище [12] и технический проект [1].

По материалам [1] площадь затопления торфяных месторождений 9,5 тыс. га с запасом 86,6 млн м<sup>3</sup> (11,483 млн. т).

По материалам отчетов [7, 12] площадь торфяных залежей составляет 7682 га с запасом торфа 122,9 млн м<sup>3</sup> (16,3 млн т).

В табл. 2 представлены суммарные объемы древесных ресурсов и органических веществ в ложе водохранилища БоГЭС после первого года заполнения проведения лесочистки.

Таблица 2

Суммарные объемы древесных ресурсов и органических веществ в ложе водохранилища БоГЭС после первого года заполнения при проведении только лесочистки

Показатели	Ресурсы органических веществ			
	тыс. м <sup>3</sup>	%	АСВ, тыс. т	%
Реальный объем затопления сырорастущей древесины после проведения лесочистки	9063,0	70,18	5347,2	12,03
Сухостой и валежник	1245,5	9,65	734,8	1,65
Пни	199,4	1,54	117,6	0,26
Корневая система	2190,8	16,96	1292,6	2,91
Вынос древесины из рек, не задействованных в целях лесосплава	0,2	0,002	0,1	0,0002
Разнесенная древесина вдоль уреза воды	19,2	0,15	11,3	0,03
Потери от стихийных бедствий, неучтенные	3,0	0,02	1,8	0,004
Потери от деятельности лесосплавных и лесозаготовительных предприятий	20,5	0,16	12,1	0,03
Размыв берегов	173,1	1,34	102,1	0,23
Итого древесных ресурсов	12914,7	100	7619,6	17,14
Лесная подстилка			8269,6	18,60
Гумус			16845,5	37,89
Торф			11483,0	25,83
Живой напочвенный покров			241,7	0,54
Всего			44459,4	100

Примечание. АСВ – абсолютно сухое вещество.

Представленные материалы прогноза загрязнения водохранилища БогЭС органическими веществами имеют важное практическое значение, о чем свидетельствует их использование в откорректированном техническом проекте Богучанской ГЭС на реке Ангара (генеральный проектировщик ОАО «Ленгидропроект»).

При этом необходимо отметить, что в данной работе не учитывались объемы загрязнителей, поступающих от внешних источников и поступающие из вышерасположенных водохранилищ.

### Выводы

Анализ табл. 2 показывает, что основными загрязняющими веществами водохранилищ ГЭС являются гумус, торф и лесная подстилка, составляющие более 80% от общего объема органических загрязнителей.

Для уточнения объемов загрязнителей растительного происхождения и совершенствования применяемых методик необходимо выполнить комплекс натурных исследований на существующих водохранилищах и особое внимание уделить зонам затопления проектируемых водохранилищ.

### Список литературы

1. Богучанская ГЭС на реке Ангара: Технический проект. Том III. Водохранилище и охрана окружающей среды. Кн. I. – М.: Гидропроект, 1976. – 219 с.
2. Вороницын К.И., Гулеев С.В. О минимальной высоте пня // Лесная промышленность. – 1987. – № 7. – С. 15–16.
3. Корпачев В.П. Методика прогнозирования засорения древесной массой водохранилищ ГЭС Сибири // Лесное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 21–23.
4. Корпачев В.П., Малинин Л.И., Чебых М.М. Методика прогнозирования поступления древесной массы при затоплении и эксплуатации водохранилищ ГЭС Ангаро-Енисейского региона // Использование и восстановление ресурсов Ангаро-Енисейского региона: сб. научн. тр. Всесоюз. научно-практ. конф. – Том II – Красноярск, Лесосибирск, 1991. – С. 107–113.
5. Корпачев В.П., Гудаев К.В. Прогноз загрязнения водохранилищ ГЭС Сибири органическими веществами на примере строящейся Богучанской ГЭС // Лесное хозяйство. – 2005. – № 6. – С. 30–31.
6. Отраслевая методика определения объемов вторичных материальных ресурсов в лесной и деревообрабатывающей промышленности. – М.: ВНИПИЭЛеспром, 1978. – 66 с.
7. Прогноз качества воды в водохранилище и в нижнем бьефе Богучанской ГЭС. – Красноярск-Хабаровск: ИЛ СО РАН-ИВЭП ДВО РАН, 2009. – 178 с.
8. Разработка прогноза засорения и загрязнения водохранилища Богучанской ГЭС древесной массой и органическими веществами, комплекса предложений по очистке водохранилища от древесной массы: отчет о НИР / ГОУ ВПО «СибГТУ»; рук. Корпачев В.П. – Красноярск, 2006. – 85 с.
9. Роде А.А., Смирнов В.Н. Почвоведение: учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1972. – 480 с.
10. Сбор, транспортировка и переработка древесной массы с акватории водохранилища Богучанской ГЭС. Прогноз объемов, породного состава, качества, мест дислокации и методов сбора всплывающей древесной массы в акватории Богучанской ГЭС: отчет о НИР / ФГБОУ ВПО «СибГТУ»; рук. Корпачев В.П. – Красноярск: СибГТУ, 2012. – 137 с.
11. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учеб. для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 2001. – 368 с.

12. Уточненный прогноз всплывания торфа в Богучанском водохранилище. Книга I: отчет о НИР / Торфгеология: Горьковская геологоразведочная экспедиция ПО; рук. В.И. Денгуб. – Горький, 1987. – 115 с.

### References

1. Boguchanskaja GES na reke Angara: Tehnicheskij projekt. Tom III. Vodohranilishhe i ohrana okruzhajushhey sredy. Kn. I (Boguchanskaya HPS on the Angara River: Technical project. Vol. III. Reservoir and the environment. Book I.), Moscow, Hidroproekt, 1976. 219 p.
2. Voronicyн K.I., Guleev S.V. Lesnaya promyshlennost, 1987, no. 7, pp. 15–16.
3. Korpachev V.P. Lesnoe hozaystvo, 2004, no. 6, pp. 21–23.
4. Korpachev V.P., Malinin L.I., Chebyh M.M. Sb. nauchn. tr. Vsesojuzn. nauchno-prakt. konf. «Isolzovanie i vosstanovlenie resursov Angaro-Enisejskogo regiona». Tom II [Collection of scientific works of the All-Union Scientific-practical conference «The use and resource recovery of the Angara-Yenisey region». Vol. II]. Krasnojarsk, Lesosibirsk, 1991. pp. 107–113.
5. Korpachev V.P., Gudaev K.V. Lesnoe hozaystvo, 2005, no. 6, pp. 30–31.
6. Otrasleyvaja metodika opredelenija obemov vtorichnyh materialnyh resursov v lesnoy i derevoobrabatyvaushhey promyshlennosti [Industry method of determining the amount of secondary material resources in the forest and wood industry]. Moscow, VNIPIEsrom, 1978. 66 p.
7. Prognoz kachestva vody v vodohranilishhe i v nizhnem b'efe Boguchanskoj GES. [Forecast of water quality in the reservoir and in the downstream Boguchanskaya HPS]. Krasnojarsk-Habarovsk, IL SO RAN-IVJeP DVO RAN, 2009. 178 p.
8. Razrabotka prognoza zasoreniya i zagryazneniya vodohranilishha Boguchanskoj GES drevesnoy massoy i organicheskimy veshhestvami, kompleksa predlozheniy po oчитске vodohranilishha ot drevesnoy massy: oтчет o NIR [Development forecast contamination and pollution of the reservoir Boguchanskaya HPS wood pulp and organic substances, a set of proposals to clean up the reservoir of pulp: a report on the research work], ruk. Korpachev V.P., Krasnojarsk, 2006, 85 p.
9. Rode A.A., Smirnov V.N. Pochvovedenie: ucheb. dlja vuzov [Soil science: a textbook for high schools]. Moscow, Vysshaja shkola, 1972. 480 p.
10. Sbor, transportirovka i pererabotka drevesnoy massy s akvatorii vodohranilishha Boguchanskoj GES. Prognoz obemov, porodnogo sostava, kachestva, mest dislokacii i metodov sbora vsplyvajushhey drevesnoy massy v akvatorii Boguchanskoj GES: oтчет o NIR [Collection, transportation and processing of wood pulp from the water area of the reservoir Boguchanskaya HPP. Forecast of volumes, species composition, quality, location and methods of collecting pop pulp in the waters Boguchanskaya HPP: report on research work], ruk. Korpache V.P., Krasnojarsk, 2012, 137 p.
11. Ugolev B.N. Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya: ucheb. dlja vuzov [Wood Science with the basics of merchandising forest: a textbook for high schools]. Moscow, 2001. 368 p.
12. Utochnennyj prognoz vsplyvaniya torfa v Boguchanskom vodohranilishhe. Kniga I: oтчет o NIR. Gorkovskaya geologorazvedochnaya jekspediciya Production Association «Torfgeologiya» [Updated forecast of floating peat Boguchan reservoir. Book I: report on the research work / Gorky Geological Expedition PO «Torfgeologiya»], ruk. V.I. Dengub, Gorkiy, 1987, 115 p.

### Рецензенты:

Шевелев С.Л., д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой лесной таксации, лесоустройства и геодезии, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», г. Красноярск;

Полетайкин В.Ф., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологий и машин природообустройства, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 04.02.2013.