

УДК 627.88

## Обеспечение экологической безопасности на плотинах гидроэлектростанций

В.Н. Трофимук<sup>a</sup>, Д.Н. Седришев<sup>b</sup>, А.В. Рубинская<sup>c</sup>, А.А. Петрова<sup>d</sup>

Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета, ул. Победы 29, Лесосибирск, Красноярский край, Россия

<sup>a</sup>trofimuk.48@mail.ru, <sup>b</sup>sedrisev@rambler.ru, <sup>c</sup>rubinavl@mail.ru, <sup>d</sup>sss19951@gmail.com

Статья получена 15.07.2015, принята 26.08.2015

*В статье рассмотрена проблема плавающей древесины в бассейнах водохранилищ гидроэлектростанций. Безопасность гидротехнических сооружений — вопрос первостепенной важности, поскольку любые производственные циклы этой отрасли являются опасными и могут создавать угрозу для экологии, здоровья и жизни людей. Плавающая древесина на водохранилище может стать причиной засорения водоводов плотин гидроэлектростанций, а, следовательно, и аварий на плотинах. Немаловажным фактором, угрожающим безопасной работе гидроэлектростанций, являются также всплывающие при наполнении ложа водохранилища торфяные массы. Одной из главных задач обеспечения безопасности на гидроэлектростанциях является организация проведения работ по освоению всплывающей древесины и защите плотин и агрегатов ГЭС от возможных заторов, создаваемых плавающей древесиной. В статье рассмотрены пути решения проблемы плавающей древесины путем установления лесозадерживающих сооружений в створе плотин. Ступенчатая защита обеспечивает надежность гидроагрегатов и плотины в целом, а выгрузка из воды плавающей древесины и торфа позволяет улучшить экологию в районе ГЭС, а также качество воды на водохранилищах. Водоохранилища оказывают довольно сложное и неоднозначное воздействие и на режим рек, и на природные условия сопредельных территорий. Давая несомненный положительный экономический эффект, они нередко вызывают и весьма негативные экологические последствия. Все это требует, чтобы при проектировании водохранилищ более внимательно учитывался весь комплекс гидрологических, физико-географических, социально-экономических и экологических аспектов. Возникает необходимость в экологическом прогнозе, который невозможен без помощи гидрологии. Важное значение при этом имеют мероприятия, осуществляемые в процессе создания и эксплуатации водохранилища с целью предотвращения нежелательных последствий и максимального использования положительного эффекта от создания водохранилища. К таким мероприятиям относятся: инженерная защита от затопления территорий и объектов (населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, предприятий, мостов и т. д.); переселение жителей, перенос предприятий, дорог и т. д.; очистка ложа водохранилища от леса и кустарников, создание водоохраных зон; восстановление лесных, рыбных, охотничьих и других ресурсов; транспортное, рыбохозяйственное, рекреационное и другое освоение водоема; инженерное обустройство акватории и береговой зоны водохранилища и пр. [1].*

**Ключевые слова:** гидроэлектростанция; плавающая древесина; плавающие торфяные массы; лесозадерживающее сооружение; заполнение водохранилища.

## Ensuring environmental safety on dams of hydroelectric power plants

V.N. Trofimuk<sup>a</sup>, D.N. Sedrisev<sup>b</sup>, A.V. Rubinskaya<sup>c</sup>, A.A. Petrova<sup>d</sup>

Siberian State Technological University, Lesosibirsk branch; 29, Pobedy St., Lesosibirsk, Russia

<sup>a</sup>trofimuk.48@mail.ru, <sup>b</sup>sedrisev@rambler.ru, <sup>c</sup>rubinavl@mail.ru, <sup>d</sup>sss19951@gmail.com

Received 15.07.2015, accepted 26.08.2015

*The article considers the problem of floating wood in pools of hydropower reservoirs. Safety of hydraulic structures is of utmost importance, since any production cycles in this industry are hazardous and can be a threat to the environment and people's health and life. Floating wood on the reservoir may cause clogging of the conduits of hydroelectric dams, and consequently accidents on dams. Another important factor threatening safe operation of hydroelectric plants is floating peat masses when filling the reservoir bed. One of the main tasks for ensuring safety at hydroelectric power plants is organizing work on taking the floating wood away and protecting dams and generating units of hydroelectric plants from possible congestion caused by the floating wood. The article deals with the ways of solving the problem of floating wood by establishing wood-stop structures in the reservoir site. Stepped protection ensures reliable protection for hydroelectric generating units and for the dam as a whole. And unloading of floating wood and peat from the water allows improving the environment around hydroelectric power plants as well as water quality in reservoirs. Reservoirs have fairly complex and ambiguous impact on the river regimes and natural conditions of adjacent territories. Having a definite positive economic effect, they often cause very negative environmental consequences. All this requires more attention to the entire range of hydrological, geographical, socio-economic and environmental aspects when designing reservoirs. There is a need in environmental forecast which is impossible without hydrology. Activities on preventing undesirable effects and maximizing positive impact from the reservoir are of utmost importance when constructing and operating the reservoir. Such activities include engineering protection against flooding territories and objects (such as human settlements, agricultural lands, enterprises, bridges, etc.); relocating residents, enterprises, roads, etc.; cleaning reservoir bed from forest and shrubs, constructing water protection zones; restoring forest resources, fisheries, hunting*

and other resources; providing transport, fisheries, recreation and other reservoir development; providing engineering construction for coastal reservoir zone, etc.

**Key words:** hydroelectric power; floating wood; floating peat masses; wood-stop structure; reservoir filling.

**Введение.** Как известно, к возобновляемым источникам энергии относятся гидроэлектростанции, плотины которых поражают воображение своей грандиозностью. Строительство ГЭС является выгодным, ведь себестоимость электроэнергии, получаемой на российских ГЭС, более чем в два раза ниже, чем на тепловых электростанциях.

Несмотря на выгоду строительства гидроэлектростанций, ежегодно в мире на гидроузлах происходит около 3 тыс. аварий. Из них значительное число повреждений наблюдается в период прохождения сверхвысоких паводков, что связано, как правило, с недостатками проектно-технических решений, а также плохой работой эксплуатационных служб.

Безопасность гидротехнических сооружений — вопрос первостепенной важности, поскольку любые производственные циклы этой отрасли являются опасными и могут создавать угрозу для экологии, здоровья и жизни людей.

Богучанская гидроэлектростанция расположена на реке Ангаре и входит в Ангарский каскад ГЭС, состоящий из Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС. Богучанская гидроэлектростанция является его четвертой, нижней ступенью. Основные сооружения Богучанской ГЭС расположены на реке Ангаре, в Кодинском створе, в 444 км от устья реки, в лесной зоне [2].

**Выявление экологических проблем ГЭС.** Одной из главных экологических проблем Богучанской гидроэлектростанции является скопление древесины в реках и заливах водохранилища.

На основе многолетних наблюдений были установлены основные источники засорения водохранилищ древесной массой [3; 4]:

*антропогенные* — засорение в результате хозяйственной деятельности человека: затопление древесины в ложе (на корню, порубочных остатков, сухостоя и вследствие общей захламленности), отпад частично подтопленной древесины, поступление древесины от проведения лесотранспортных и технологических работ на водохранилище и реках-притоках;

*природные* — засорение, обусловленное естественными факторами в процессе формирования и эксплуатации водохранилищ: поступление древесной массы от размыва берегов, от выноса из рек, незадействованной для целей лесосплава и лесотранспорта, от различных стихийных бедствий и неучтенных факторов.

Уже в первые годы эксплуатации Богучанской ГЭС на поверхности водохранилища появится 2 млн м<sup>3</sup> плавающей древесной массы, далее — по нарастающей.

Так на водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС в заливах образовалось скопление древесной массы объемом около 1 млн м<sup>3</sup>. По прогнозам, на акватории водохранилища находится около 4 млн м<sup>3</sup> плавающей древесной массы, затоплено более 22 млн м<sup>3</sup> древесины и сотни тысяч кубометров разбросаны по берегам и в устьях рек, впадающих в водохранилище [5].

За более чем 20-летний период после проведения первичной лесосводки произошло изменение запасов древесины в зоне затопления. Объем недоруба товарной древесины, 1 137 550 м<sup>3</sup> [17], с учетом прироста составит 1 315 034 м<sup>3</sup>. Общий средний годичный прирост — величина достаточно постоянная и зависит от типа лесов. В азиатской части России прирост на 1 га составляет 1,04 м<sup>3</sup>, в лесах Восточно-Сибирского региона — 1,29 м<sup>3</sup>/га. Объем недоруба нетоварной древесины, перешедшей в разряд товарной, с учетом прироста составит 1 237 406 м<sup>3</sup>. Объем планового затопления сырорастущей древесины с учетом прироста в 1,2 млн м<sup>3</sup> составит 1 431 100 м<sup>3</sup>. Объем молодняка, выросшего на площадях лесочистки, составит 1 897 200 м<sup>3</sup> (средний запас молодняка, по данным кафедры использования водных ресурсов (ИВР) ГОУ ВПО «СибГТУ», составляет 50–60 м<sup>3</sup>/га) [6].

Такое состояние на акватории водохранилища приводит к ухудшению работы ГЭС. Особенность гидроэлектростанций, построенных на Ангаре и Енисее, заключается в том, что водохранилища образовались на месте крупных лесных массивов. В результате на акватории водохранилища Богучанской ГЭС неизбежно появление огромной массы плавающей и затопленной древесины.

Как правило, затоплению должна предшествовать очистка ложа водохранилища, однако огромное количество леса неизбежно оказывается в воде.

Лесосводка в ложе водохранилища не проводилась ввиду экономической неэффективности. При этом за более чем 30-летний период 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 [7].

Весной вместе со льдом в водохранилище попадает прибрежный лес. Таким образом в воде оказывается 54,6 % от всей плавающей древесной массы. Частично подтопленная древесина составляет 34,8 %. К образованию аварийной древесины приводит и нарушение технологии лесосплавных предприятий, когда кора разрушается в процессе сплава, что составляет 5,1 %. Вынос древесины из рек дает 1,3 % — сейчас в руслах рек Красноярского края затоплено 302 тыс. м<sup>3</sup>, а в реках Иркутской области — около 150 тыс. м<sup>3</sup> древесной массы. Кроме этого, следует учесть и заготовленную, но не вывезенную своевременно древесину, как это случилось при строительстве Братской и Богучанской ГЭС.

На каждом квадратном километре акватории водохранилища находится от 100 до 300 м<sup>3</sup> древесины, средний состав товарных насаждений составляет: четыре сосны, одна лиственница, одна ель, одна пихта, две березы, одна осина. В затопленном водой лесном

массиве 30 % составляет лиственница, ценнейшая порода древесины. Сплошная очистка древесной растительности в ложах водохранилищ ГЭС не производится, так как это признано экономически нецелесообразным. В настоящее время практически все гидростанции, в том числе и Богучанская ГЭС, находятся в руках частных собственников [8].

При наполнении ложа водохранилища начнется всплывание торфяных масс. Прогнозируется, что вся ожидаемая к всплытию масса торфов поднимется за 20 лет эксплуатации водохранилища. В период наполнения (первые 5 лет) могут всплыть 205 га торфов общим объемом более 1 000 тыс. м<sup>3</sup>, а в период эксплуатации — вся остальная масса.

Всплывание торфа со дна водохранилищ вызвано различными причинами: накоплением в слое торфа газов при разложении растительных остатков микроорганизмами, промерзанием торфа и смерзанием его с ледяным покровом (в этом случае всплывание происходит весной, при повышении уровня воды в водохранилище).

Всплывшие торфяные массы, по прогнозу, будут подвергнуты быстрой механической деструкции и разрушению. В заливах (на мелководьях) устойчивые торфяные «острова» постепенно примкнут к берегам, покروются растительностью и свяжутся с донным субстратом (затопленная древесина, валежник и др.). Не исключается выход торфяных островов из некоторых заливов на открытую акваторию водохранилища, в связи с чем могут возникать различные явления, неблагоприятные как для функционирования самого гидроузла (засорение водоводов), так и для целей судоходства, качества воды, эмиссии парниковых газов и др.

В некоторых случаях вследствие гниения растительных остатков всплывшего торфа вода обогащается сероводородом. При его большой концентрации это может вызвать коррозию оборудования на гидроэлектростанциях.

Для предотвращения засорения водоводов гидроузла необходимо организовать транспортировку торфяных островов в изолированные заливы.

В водохранилищах, которые имеют залежи торфа, должен быть организован перехват всплывающих масс торфа выше створа водозаборных и водосбросных сооружений, преимущественно в местах всплывания. Перехваченный торф должен быть отбуксирован в бухты и на отмели и надежно закреплен [9].

**Обзор исследований проблемы безопасности ГЭС.** Для оценки запаса торфа в ложе водохранилища Богучанской ГЭС рассматриваются два источника информации — [10; 11].

Исследованиями, представленными в [10], в Богучанском водохранилище выявлено и охарактеризовано 144 торфяных месторождения. Площадь затопления торфяных месторождений составляет 9,5 тыс. га с запасом 86,6 млн м<sup>3</sup>, или 11,483 млн т абсолютно сухого веса (АСВ). Основная масса затопленного торфа будет расположена на глубинах, превышающих 5 и даже 10 м.

По материалам отчетов [11; 12], площадь торфяных залежей составляет 7 682 га с запасом торфа 122,9 млн м<sup>3</sup> (16,3 млн т АСВ).

Одной из главных задач по обеспечению безопасности на гидроэлектростанции является проведение работ по организации освоения всплывающей древесины и защиты плотины ГЭС от возможных заторов плавающей древесины. Для того чтобы обеспечить данные мероприятия необходимо построить и ввести в эксплуатацию специальное лесозадерживающее сооружение, которое и будет улавливать плавающую древесину [9].

Проблемой плавающей древесины занимаются многие российские ученые, работающие в данной сфере.

Целью исследований ученых А.И. Пережилина, В.П. Корпачева, А.А. Андрияса и Г.А. Гайдукова является определение реального объема затопления древесно-кустарниковой растительности в ложе водохранилища Богучанской ГЭС (БоГЭС) и разработка прогноза загрязнения органическими веществами [7].

Исходными данными для определения объемов (ресурсов) органических веществ являются: объемы древесной массы, определенные по методике прогнозирования объемов засорения древесной массой водохранилищ ГЭС [13; 14]; объем древесины в пнях, корневой системе; объемы гумуса; объемы торфа; запасы органических веществ в лесной подстилке; воды, приносимые впадающими 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 гг.; инвентаризации древесно-кустарниковой растительности, выполненной филиалом ФГУП «Рослесинфорг» — «Востсиблеспроект» в 2006–2007 гг. (общая площадь земель — 153 141 га, в т. ч. покрытая лесной растительностью — 122 043 га; общий запас древесной массы — 11 458,2 тыс. м<sup>3</sup>); реально выполненные работы по подготовке зоны затопления (лесочистка спецучастков на площади 16 587,4 га с объемом убранной древесины 1 149,7 тыс. м<sup>3</sup>).

Объем органических веществ растительного происхождения в ложе водохранилищ ГЭС определяется по методике [15] методом суммирования показателей природных и антропогенных источников загрязнения. Основными источниками загрязнения являются: древесина, поступающая в водохранилище в первый год его эксплуатации, древесина в пнях и в корневой системе, лесная подстилка, гумус, торф, внешние источники засорения.

В ходе проведенных исследований был сделан следующий вывод: 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 натуральных

исследований на существующих водохранилищах, уделяя особое внимание зонам затопления проектируемых водохранилищ [7].

Почвы в ложе Богучанской ГЭС содержат мало-мощный гумусовый горизонт от 10 до 20 см. Иногда в слабоподзолистых почвах от 25 до 30 см залегает второй гумусовый горизонт мощностью от 10 до 15 см. Почвы содержат от 3 до 7 % гумуса в верхнем горизонте и от 1 до 1,5 % — в подзолистом. По данным И.В. Тюрина [14], общее количество гумуса в метровой толщине подзолистой лесной (включая подстилку) почвы составляет 110 т/га толщи.

Максимальная мощность гумусового горизонта (по данным экспедиционных исследований) не превышает 32 см [12].

Слабый слой гумуса объясняется тем, что в период проведения первой лесосводки и лесочистки был нарушен естественный процесс формирования гумуса, а также малым запасом лесного опада, изменившимися влагообменом и температурой воздуха на поверхности почвы [17].

На основании проведенного анализа нами была разработана технология улавливания плавающей древесины с помощью лесозадерживающего сооружения.

#### Предлагаемая технология решения проблемы.

Предлагается в створах, где будут проектироваться и строиться гидроэлектростанции, проводить затопление водохранилища и установку лесозадерживающих сооружений по следующей технологии.

Перед началом затопления водохранилища устанавливается поперечное лесозадерживающее сооружение из однорядных металлических бон по всей ширине реки.

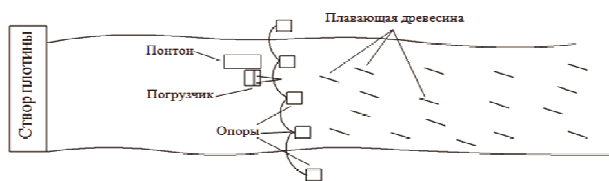


Рис. 1. Начало затопления водохранилища — 0 %

При дальнейшем подъеме уровня водохранилища, в связи с увеличением его глубины часть лесозадерживающего сооружения освобождают от русловых донных опор.

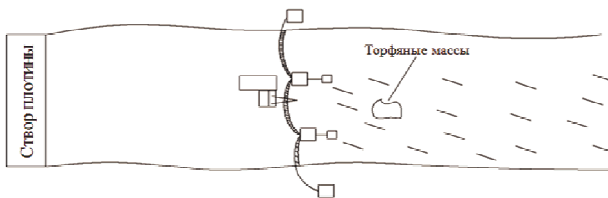


Рис. 2. Плановое заполнение водохранилища

При достижении проектной отметки воды в водохранилище лесозадерживающее сооружение в виде бон располагается по всей длине перед плотиной ГЭС и крепится только за береговые опоры, так как весьма слабое течение создает незначительные нагрузки от древесины и торфа на данное сооружение. Похожая

технология сейчас рассматривается и внедряется на Саяно-Шушенской ГЭС. Торф выгружается на понтоны специальным грейфером и затем транспортируется к берегу.

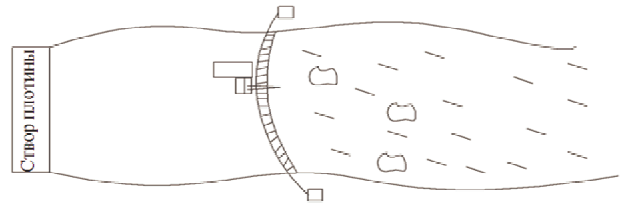


Рис. 3. Заполнение водохранилища до проектной отметки

**Выводы и рекомендации.** Применение ступенчатой защиты плотины ГЭС при вводе в эксплуатацию и заполнении водохранилища позволяет создать надежную защиту как для гидроагрегатов, так и для плотины в целом. Выгрузка древесины и торфа позволит улучшить качество воды на водохранилище, что будет способствовать безаварийности работы ГЭС и улучшению экологии в районе плотины ГЭС.

Для получения объективных прогнозируемых явлений взаимодействия водохранилищ ГЭС с окружающей природной средой, подтверждающихся количественными и качественными показателями, необходимо соблюдать следующие основные принципы прогнозирования в природопользовании [18; 19]:

1. Системный принцип, предполагающий неразрывность прогнозирования во времени и пространстве на основе анализа учета факторов, определяющих экологическое развитие. Системность предполагает взаимосвязь и взаимообусловленность методов, иерархических уровней, этапности, последовательности, очередности.
2. Принцип объективности и научной обоснованности.
3. Принцип совпадения, подтверждения, адекватности: совпадение теоретических моделей (имитация) с практическими проявлениями.
4. Вариантность, альтернативность предлагаемых решений и ожидаемых последствий [20].

#### Литература

1. Михайлов В.Н., Гидрология: В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. 3-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2008. 463с.: ил.
2. ОАО Богучанская ГЭС [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL:<http://www.boges.ru/>(дата обращения: 12.03.2015).
3. Водные ресурсы и основы водного хозяйства: В.П. Корпачев, И.В. Бабкина, А.И. Пережилин, А.А. Андрияс. 3-е изд. испр. и доп. СПб.: Лань, 2012. 320 с.
4. Корпачев В.П., Малинин Л.И., Худогонов В.Н. Проблема загрязнения и засорения древесной массой рек и водохранилищ Ангаро-Енисейского региона // Лесозэксплуатация: межвуз. сб. науч. тр. Красноярск, 1995. С. 7–17.
5. Трофимук В.Н., Трофимук Л.А. Решение эколого-экономических вопросов по освоению плавающей древесины на водохранилище Богучанской ГЭС [Электронный ресурс] // Управление экономическими системами: электрон. науч. журн. 2013. № 3. URL: <http://www.uecs.ru/ekonomika-prirodopolzovaniy/item/2021-2013-03-11-07-53-32> (дата обращения 12.03.2015).

6. Корпачев В.П. Сладикова С.М., Пережилин А.И., Малинин Л.И. Оценка запасов древесной массы в водохранилище Богучанской ГЭС в процессе его подготовки и эксплуатации // Хвойные бореальной зоны. 2008. Т. 25. № 1-2. С. 173-176.

7. Пережилин А.И., Корпачев В.П., Андрияс А.А., Гайдук Г.А. Загрязнение водохранилищ ГЭС органическими веществами растительного происхождения // Фундаментальные исследования, научный журнал. 2013. № 4. С. 312-315.

8. Корпачев В.П. Богучанская ГЭС - новое мертвое море? URL:<http://www.plotina.net/boguchanskaya-ges-novoe-mertvoe-more/> (дата обращения: 12.03.2015).

9. Седрицев Д.Н., Трофимук В.Н. Освоение древесины в полосе размыва берегов водохранилищ Ангаро-Енисейского региона // Успехи современного естествознания. 2008. № 1. С. 93-96.

10. Богучанская ГЭС на реке Ангара: Технический проект. Т. III. Водохранилище и охрана окружающей среды. М.: Гидропроект, 1976. Кн. 1. 219 с.

11. Уточненный прогноз всплывания торфа в Богучанском водохранилище / Горьковская геологоразведочная экспедиция. Горький, 1984. 140 с.

12. Прогноз качества воды в водохранилище и в нижнем бьефе Богучанской ГЭС / СО РАН, ИВЭП ДВО РАН. Красноярск; Хабаровск, 2009. 178 с.

13. Корпачев В.П. Методика прогнозирования засорения древесной массой водохранилищ ГЭС Сибири // Лесное хозяйство. 2004. № 6. С. 21-23.

14. 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. Красноярск, 1991. Т. 2. С. 107-113.

15. 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.

16. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: М.: Лесн. пром-сть, 2001. 368 с.

17. Корпачев В.П. Разработка прогноза засорения и загрязнения водохранилища Богучанской ГЭС древесной массой и органическими веществами, комплекса предложений по очистке водохранилища от древесной массы // Труды Сиб. гос. технол. ун-та. Красноярск, 2006. 85 с.

18. Воробьев Б.В., Косолапов Л.А. Водотоки и водоемы: взаимосвязь экологии и экономики. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 272 с.

19. Корпачев В.П., Рябоконт Ю.И. Методологические основы прогнозирования экологического состояния водохранилищ ГЭС, построенных в лесопокрываемых регионах Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. 24, № 1. С. 100-107.

20. Пережилин А.И., Корпачев В.П., Андрияс А.А., Максимова Е.М. Методы экологического прогнозирования загрязнения и засорения водохранилищ ГЭС // Фундаментальные исследования. 2013. № 6. С. 859-862.

### Reference

1. Mikhailov V.N. *Gidrologiya*: M.: Vyssh. shk., 2008. 463 p.
2. JSC Boguchanskaya HPS. [Elektronnyi resurs]: ofits. sait. URL: <http://www.boges.ru/> (data obrashcheniya: 12.03.2015).
3. Water resources and water management framework: ucheb. posobie. SPb.: Lan', 2012. 320 p.
4. Korpachev V.P., Malinin L.I., Khudonogov V.N. The problem of pollution and contamination wood pulp rivers and reser-

voirs of the Angara-Yenisei region // *Lesoekspluatatsiya: mezhvuz. sb. nauch. tr. Krasnoyarsk*, 1995. P. 7-17.

5. Trofimuk V.N., Trofimuk L.A. Decision ecological and economic issues for the development of wood floating in the reservoir of the Boguchanskaya HPS [Elektronnyi resurs] // *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektron. nauch. zhurn.* 2013. № 3. URL: <http://www.uecs.ru/ekonomika-prirodo-polzovaniy/item/2021-2013-03-11-07-53-32> (data obrashche-niya: 12.03.2015).

6. Korpachev V.P. Sladikova S.M., Perezhilin A.I., Malinin L.I. Evaluation of stocks of wood pulp in the reservoir of the Boguchanskaya HPS in the process of its preparation and operation // *Conifers of the boreal area*. 2008. Т. 25. № 1-2. P. 173-176.

7. Perezhilin A.I., Korpachev V.P., Andriyas A.A., Gaidukov G.A. Pollution hydroelectric reservoirs organic substances of plant origin // *Fundamental research*. 2013. № 4. P. 312-315.

8. Korpachev V.P. Boguchanskaya HPS - A new Dead Sea? URL:<http://www.plotina.net/boguchanskaya-ges-novoe-mertvoe-more/> (data obrashcheniya: 12.03.2015).

9. Sedrisev D.N., Trofimuk V.N. Development of wood in the band erosion reservoir banks of the Angara-Yenisei region // *ADVANCES IN CURRENT NATURAL SCIENCES*. 2008. № 1. P. 93-96.

10. Boguchanskaya HPS on the Angara River: technical project. V. III. Reservoir and environmental protection. M.: Gidroproekt, 1976. Kn.1. 219 p.

11. The revised forecast floating of peat in Boguchansky Reservoir / *Gor'kovskaya geologorazvedochnaya ekspeditsiya. Gor'kii*, 1984. 140 p.

12. Forecast of water quality in the reservoir and downstream of the Boguchanskaya HPS / SO RAN, IVEP DVO RAN. Krasnoyarsk; Khabarovsk, 2009. 178 p.

13. Korpachev V.P. Methods of predicting clogging wood pulp hydroelectric reservoirs in Siberia // *Lesnoe khozyaistvo*. 2004. № 6. P. 21-23.

14. Korpachev V.P., Malinin L.I., Chebykh M.M. Methods of forecasting revenues pulp by flooding and operation of hydroelectric reservoirs Angara-Yenisei region // *Ispol'zovanie i vosstanovlenie resursov Angaro-Eneiseiskogo regiona: sb. nauchn. tr. vse-soyuzn. nauchno-prakt. konf. Krasnoyarsk*, 1991. Т. 2. P. 107-113.

15. Korpachev V.P., Gudaev K.V. Forecast pollution hydroelectric reservoirs in Siberia by the example of organic substances under construction of Boguchanskaya HPS // *Lesnoe khozyaistvo*. 2005. № 6. P. 30-31.

16. Ugolev B.N. *Wood Science the basics of forestry merchandising*: M.: Lesn. prom- st', 2001. 368 p.

17. Korpachev V.P. Development forecast contamination and pollution of the reservoir of the Boguchanskaya HPP wood pulp and organic substances, a set of proposals for the clearing of the reservoir from the pulp // *Trudy Sib. gos. tekhnol. un-ta. Krasnoyarsk*, 2006. 85 p.

18. Vorob'ev B.V., Kosolapov L.A. Streams and reservoirs: the relationship of ecology and economy. L.: Gidrometeoizdat, 1987. 272 p.

19. Korpachev V.P., Ryabokon' Yu.I. Methodological bases of forecasting of the ecological state of HPS reservoirs built in the forested regions of Siberia // *Conifers of the boreal area*. 2007. Т. 24, № 1. P. 100-107.

20. Perezhilin A.I., Korpachev V.P., Andriyas A.A., Maksimova E.M. Methods of environmental prediction of pollution and clogging reservoirs of HPS // *Fundamental research*. 2013. № 6. P. 859-862.