

УДК 630.6+632.03

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МОЛЕВОГО СПЛАВА

A. Ю. ВИНОГРАДОВ^{1), 2), 3)}, В. А. ОБЯЗОВ^{1), 2)}, Т. А. ЛАЗАРЕВА⁴⁾

¹⁾Научно-производственное объединение «Гидротехпроект»,
ул. Октябрьская, 55а, 175400, г. Валдай, Россия

²⁾Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси,
ул. Франциска Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь

³⁾Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет,
переулок Институтский, 5, 194021, г. Санкт-Петербург, Россия

⁴⁾БелГидротехпроект,
ул. Машиностроителей, 24а, 220118, г. Минск, Беларусь

Рассмотрены основные моменты как положительного, так и отрицательного влияния молевого сплава на экологическое состояние водных объектов. Предложены конкретные меры по снижению их химического и механического загрязнения. Сделан общий вывод о том, что вред экосистемам от молевого сплава не так велик, как принято считать. Предложен конкретный план мелиоративных работ с целью улучшения экологического состояния малых рек и лесного фонда за счет уменьшения подтопления территории.

Ключевые слова: молевой сплав; загрязнение окружающей среды; лесозаготовительная отрасль; экологическое состояние малых рек; водосбор.

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF TIMBER RAFTING

A. Yu. VINOGRADOV^{a, b, c}, V. A. OBYAZOV^{a, b}, T. A. LAZAREVA^d

^aScientific and Industrial Research Association Gidrotehproekt,
55a Oktabrskay Street, Valday 175400, Russia

^bInstitute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus,
10 Francyska Skaryny Street, Minsk 220076, Belarus

^cSaint Petersburg State Forest Technical University,
5 Instityutskiy Gtihtekjr, Saint Petersburg 194021, Russia

^dBelGidrotehproekt,
24a Maschynabudaujnikoy, Minsk 220118, Belarus
Corresponding author: T. A. Lazareva (tanita-1993@mail.ru)

The paper considers the main points of both the positive and negative impact of the molten alloy on the ecological state of rivers and watersheds are estimated. Concrete measures are proposed to reduce the chemical effects and mechanical pollution of water bodies. Arguments about the need for channel reclamation are presented and a concrete plan for land

Образец цитирования:

Виноградов АЮ, Обязов ВА, Лазарева ТА. Экологические проблемы молевого сплава. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2020;3:24–29.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2020-3-24-29>

For citation:

Vinogradov AYu, Obyazov VA, Lazareva TA. Environmental problems of timber rafting. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2020;3:24–29. Russian.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2020-3-24-29>

Авторы:

Алексей Юрьевич Виноградов – доктор технических наук; генеральный директор; старший научный сотрудник; профессор кафедры промышленного транспорта.

Виктор Афанасьевич Обязов – доктор географических наук, доцент; старший научный сотрудник; технический директор.

Татьяна Александровна Лазарева – ведущий эколог.

Authors:

Alexey Yu. Vinogradov, doctor of science (engineering); director; senior researcher; professor at the department of industrial transport.
gd@npogtp.ru

Viktor A. Obyazov, doctor of science (geography), docent; senior researcher; technical director.
td@npogtp.ru

Tatiana A. Lazareva, leading ecologist.
tanita-1993@mail.ru

reclamation is proposed with the aim of improving the recreational capabilities of small rivers, purifying water, improving the state of the forest fund by reducing flooding of the territory.

Keywords: timber rafting; environmental pollution; logging industry; ecological status of small rivers; reception basin.

Введение

Молевой сплав [1] в Республике Беларусь использовался для доставки заготовленной древесины из труднодоступных участков лесного фонда до мест, откуда она могла транспортироваться традиционными методами. Молевой сплав предполагает самостоятельное движение отдельных сортиментов заготовленной древесины по руслам рек от верхнего берегового склада вниз по течению реки, чаще всего в период весеннего половодья. Исторически запрет молевого сплава в Республике Беларусь начался с внесения изменений в Водный кодекс¹ в 1972 г.:

«Статья 66. Молевой сплав леса, а также сплав древесины в пучках и кошелях без судовой тяги.

В соответствии с Основами водного законодательства Союза ССР и союзных республик молевой сплав леса, а также сплав древесины в пучках и кошелях без судовой тяги запрещается:

1) на судоходных путях;

2) на водных объектах, перечень которых утверждается Советом Министров СССР или Советом Министров Белорусской ССР с учетом особого значения этих объектов для рыбного хозяйства, водоснабжения или других народнохозяйственных целей.

На остальных водных объектах указанные виды лесосплава допускаются на основании разрешений, выдаваемых органами по регулированию использования и охране вод после согласования с органами, осуществляющими охрану рыбных запасов.

В соответствии с законодательством Союза ССР, правило, запрещающее молевой сплав леса и сплав древесины в пучках и кошелях без судовой тяги на судоходных путях, не исключает права лесосплавляющих организаций производить в порядке, установленном Советом Министров СССР, указанные виды лесосплава на путях, по которым судоходство осуществляется только в половодный период, и перепуски леса молем, в пучках и кошелях без судовой тяги на ограниченных участках судоходных путей до запаней (рейдов), где производится сплотка или погрузка древесины.

Разрешения в этих случаях выдаются органами по регулированию использования и охране вод после согласования с органами, регулирующими судоходство, органами, осуществляющими охрану рыбных запасов и государственный санитарный надзор».

В следующей редакции данного документа (1998 г.²) четко прописан запрет молевого сплава:

«Статья 52. Пользование водными объектами для лесосплава.

Пользование водными объектами для молевого сплава леса, а также сплава леса в плотах без судовой тяги запрещается.

Пользование водными объектами для сплава леса в плотах с судовой тягой осуществляется по согласованию с органом по безопасности судоходства, уполномоченным Советом Министров Республики Беларусь.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие лесосплав, обязаны регулярно проводить очистку дна водных объектов от затонувшей древесины в порядке, установленном статьей 18 настоящего Кодекса».

После законодательного запрещения молевого сплава до настоящего времени пропагандируется аксиома, что его использование наносит непоправимый ущерб окружающей среде и относится к нерациональным видам природопользования [2]. Данная аксиома зародилась в связи с многочисленными нарушениями водного законодательства лесозаготовительными и лесотранспортными предприятиями в советское время. Результатом запрета молевого сплава стало падение объемов лесозаготовок, что привело к сокращению рабочих мест, неоправданному увеличению затрат на транспортировку древесины и потере экономической самостоятельности большинством хозяйствующих субъектов, расположенных на территории бывшего СССР [3]. Стоит отметить, что хозяйствующему субъекту, благодаря припискам и хищениям, были выгодны неучитываемые потери заготовленной и уже оплаченной государством древесины. В настоящее же время собственник заготовленной древесины заинтересован в доставке потребителю каждого заготовленного кубометра. Им изначально оплачена попенная стоимость, затраты на заготовку в труднодоступных удаленных делянках. Следовательно, заготовитель старается контролировать движение по руслу реки каждого сортимента [3].

¹Водный кодекс Республики Беларусь от 27.12.1972. [Интернет]. [Проктировано 15 июля 2020]. URL: <http://pravo.levonevsky.org/bazaby11/public65/text248.htm>

²Водный кодекс Республики Беларусь от 15.07.1998 № 191-З. [Интернет]. [Проктировано 15 июля 2020]. URL: <http://pravo.levonevsky.org/bazaby11/public51/text056.htm>

В действующих в настоящее время редакциях Водного кодекса³ и Лесного кодекса⁴ Республики Беларусь отсутствует упоминание о возможности транспортировки леса водным путем в целом, что открывает возможность возрождения молевого сплава на малых реках.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим основные недостатки молевого лесосплава, за которые он был запрещен на территории СССР:

- Засорение – в результате молевого сплава часть древесины терялась в процессе движения по водотоку [4].
- Аварии на водоемах – утерянная древесина являлась источником повышенной аварийности для водного транспорта и гидротехнических сооружений [5; 6].
- Загрязнение – утерянная древесина являлась источником химического загрязнения воды, что негативно сказывается на состоянии биоценоза водоема, его трофности и на жизнедеятельности промысловых рыб.

Разберем перечисленные недостатки применительно к современным условиям и обстановке на малых реках.

Потери древесины. Опасность засорения малых рек утопленной в результате молевого сплава древесиной весьма преувеличена. Как уже отмечалось во введении, в настоящее время лесозаготовитель заинтересован в доставке потребителю каждого заготовленного кубометра древесины. Утопление древесины означает финансовые потери собственника на аренду, заготовку, организацию сплава, налог на пользование водными объектами в целях лесосплава, штрафы за негативное воздействие на окружающую среду. Таким образом, заготовитель старается контролировать движение каждого сортимента по руслу малой реки.

Отследить движение древесины при молевом сплаве на больших и средних реках практически невозможно. При этом подобный контроль на малых реках технически возможен [2], для чего необходимо провести подготовку русла реки для увеличения лесопропускной способности:

- очистку русла и берегов от ветровальных деревьев и пней, удаление русловых образований (гряд, побочней, осередков и др.);
- спрямление извилин и излучин русла, включая возможные берегоукрепительные работы;
- берегоочистительные работы.

Подобная русловая мелиорация приведет к очищению русла от ветровала и пней, улучшению состояния лесного фонда вдоль русла малых рек.

Кроме того, для ведения лесосплава на малых реках необходима организация дистанционно-патрульного способа лесосплава бригадами с придаными им средствами механизации и перемещения. Такой подход позволит минимизировать потери древесины на предварительно размеченных дистанциях и ввести персональную ответственность бригадиров за состояние конкретного участка реки.

Решить задачу поштучного учета каждого сплавляемого сортимента возможно при помощи единой государственной аналитической информационной системы учета древесины и сделок с ней (далее – ЕГАИС). Ее введение в Республике Беларусь предполагается в течение 2021 года⁵. Система предусматривает, что заготовка древесины на землях лесного фонда и ее реализация будут подлежать учету в ЕГАИС, который будут вести юридические лица и индивидуальные предприниматели, работающие в этой сфере. Это позволит создать единую базу данных об учете заготовленной древесины, ее перемещении как при внутрихозяйственных операциях, так и от одних хозяйствующих субъектов к другим, объемах реализации ЕГАИС обеспечит эффективный мониторинг и прозрачность информации, даст возможность оптимизировать и минимизировать ручной труд, сократить время и минимизировать средства при учете заготовки и реализации древесины, разработать механизм обеспечения управлеченческого персонала оперативными и достоверными данными для планирования процессов. Согласно проекту постановления Совета Министров, предполагается, что Министерство лесного хозяйства будет владельцем этой системы, определит порядок ее работы и оператора, будет заниматься координацией.

В России аналогичная система для контроля происхождения и оборота древесины была создана в 2014 г. [4; 6]. В соответствии с законодательством ее использование является обязательным условием

³Водный кодекс Республики Беларусь от 30.04.2014 N 149-3 (с изменениями и дополнениями) [Интернет]. [Процитировано 15 июля 2020]. URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=Hk1400149>

⁴Лесной кодекс Республики Беларусь от 24.12.2015 N 332-3 (с изменениями и дополнениями) [Интернет]. [Процитировано 15 июля 2020]. URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=Hk1500332>

⁵Минлесхоз предлагает обсудить проект указа об электронной системе учёта древесины [Интернет]. [Процитировано 15 июля 2020]. URL: <http://www.mlh.by/press-service/news/4099/>.

для участников рынка и распространяется на все сделки с древесиной и лесопродукцией. Схожие информационные системы имеются в Польше, Украине, Финляндии, государствах Балтии и других странах.

Как нами уже указывалось [2], объем древесины, попавшей в русловую часть малой реки в результате естественных причин (ветровала, заломов, подмыва рекой берегов), достигает $15 \text{ м}^3/\text{пог. км}$ (без учета бобровых плотин). В ходе экспедиционных обследований некоторых рек Республики Беларусь нами было установлено, что естественное засорение даже в городской черте (г. Ошмяны) достигает $6 \text{ м}^3/\text{пог. км}$ или, если рассматривать площадь поверхности утопленной древесины, – $250\text{--}300 \text{ м}^2/\text{пог. км}$. Таким образом, в результате подготовительных (мелиоративных) работ перед сплавом древесины и организации дистанционно-патрульного способа лесосплава, механическое засорение и химическое загрязнение водотока резко сократятся.

Аварии. В настоящее время речного транспорта и гидротехнических сооружений на малых реках, предполагаемых для молевого сплава, не существует.

Загрязнение. При оценке воздействия молевого сплава на экосистему, чаще всего данный вид деятельности не отделяют от других, например сбросы промышленных и сельскохозяйственных предприятий, строительство гидротехнических сооружений, браконьерство [7; 8].

Считается, что при длительном нахождении древесины в воде происходит десорбция вредных веществ (фенолов (танины), полисахаридов (пектин), крахмала и гемицеллюлозы, низкомолекулярных углеводов) из гниющей древесины. В коре содержится слаборастворимые водой с нейтральной реакцией гидрофильные экстрактивные вещества: лигнин, минеральные компоненты, и нерастворимые – целлюлоза и суберин [9]. Гидролизуемые танины и частично целлюлоза могут растворяться в воде с выраженной кислой реакцией, которая характерна для болотных рек. Щелочная реакция воды (реки, протекающие в известковых почвах) способствует растворению полифенольных кислот, частично лигнина и целлюлозы. Наиболее опасными из экстрактивных веществ являются фенолы, предельно допустимая концентрация которых в природных водах составляет $0,001 \text{ мг/л}$. Количество выделенных фенольных соединений зависит также от температуры воды и породы древесины. Однако стоит отметить, что ежегодно в период половодья и паводков в реки поступает в среднем $0,5 \text{ м}^3$ торфа и почвы на 100 м реки. При содержании водорастворимых веществ 2–4 % ежегодно в воду малых рек попадает дополнительно до 10 т растворенных вредных веществ. Только за счет этого концентрация фенолов в реке во время половодья составляет 0,1 % ПДК.

Десорбция веществ, экстрагируемых водой из древесины, возможна только при достаточно длительном их нахождении в воде. По различным оценкам, полное вымывание вредных веществ происходит в течение 110 суток [4]. Соблюдение сроков нахождения древесины в воде может существенно снизить воздействие молевого сплава на экосистему реки.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования ученых Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства и Санкт-Петербургского лесотехнического университета доказали, что критерием безвредности лесосплава для экологического равновесия водоема является отношение объемов древесины и воды во время лесосплава 1:250 и более⁶, что также подтверждается и другими исследованиями [10; 11]. По другим оценкам, это соотношение может доходить до 1:500, а для наиболее чувствительных рыб (лососевых) не должно превышать 1:150 [4].

Для сравнения приведем данные о загрязнении окружающей среды сухопутным транспортом – единственной возможной альтернативой лесосплаву. Лесовоз массой 25–35 т выбрасывает порядка 1,6 кг CO_2 на 1 км пути. Путь следует считать дважды – со склада в лес и из леса на склад. Следовательно, при плече вывозки 50 км, лесовоз выбросит 0,16 т углекислого газа, перевезя при этом порядка 30 м^3 древесины.

Также в разрезе влияния молевого сплава на экосистемы часто упоминают ущерб рыбному хозяйству⁷, в частности, утерянная древесина способствует образованию заломов, которые перекрывают нерестовые пути рыб [2].

Однако следует учитывать и положительные факторы проведения молевого сплава для ихтиофауны: «Установлено, что с прекращением молевого сплава, улов рыб на ряде рек существенно уменьшился»⁸.

⁶Сплав леса: перезагрузка [Интернет]. Лесной комплекс: Отраслевой журнал для специалистов лесозаготовки, деревообработки, лесопатологии и лесовосстановления. [Прочитировано 15 июля 2020]. URL: <https://forestcomplex.ru/2018/06/splav-lesa-perezagruzka/>

⁷Постановление Совета Министров РСФСР от 25.09.1987 № 384 «О прекращении молевого сплава леса на реках и других водоемах РСФСР». Москва, 1987.

⁸Харитонов В. Я. Возродим лесосплав – поднимем лесную промышленность [Интернет]. Лесные новости. № 15. 27 августа 2007 г. [Прочитировано 15 июля 2020]. URL: <http://arhpress.ru/lesnov/2007/8/27/11.shtml>.

Увеличение кормовой базы происходит за счет того, что в коре сплавляемых деревьев присутствуют личинки и имаго насекомых. При сплаве расширяются береговые границы, создаются дополнительные места для нагула рыб.

По результатам исследования, проведенного авторами, предлагается внести законодательно разрешение на проведение молевого сплава по малым рекам (площадь водосбора до 2000 км² со следующими морфологическими характеристиками: ширина по бровкам 5–15 м; минимальная глубина в межень не менее 0,5 м; средняя скорость течения 0,1–0,5 м/с) при соблюдении следующих условий лесозаготовителем:

1. Проведение мелиоративных мероприятий перед организацией процесса лесосплава.
2. Согласование технологической схемы молевого сплава с комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды.
3. Проведение лесосплавных мероприятий дистанционно-патрульным способом или при помощи радиочастотной идентификации каждого сортимента.
4. Доочистка русла и берегов после лесосплава.

Мелиоративные работы заключаются в очистке русла и берегов от ветровалов, заломов, бобровых плотин, удаление русловых образований, а также проведение берегоукрепительных и берегоочистительных работ на участке реки, используемом для сплава.

Технологическая схема должна включать в себя подбор размеров сплавляемой древесины, ее предельной толщины и необходимой плавучести, учет особенностей водного режима конкретной реки, прогноз половодья, чтобы не допустить перегрузки реки.

Использование дистанционно-патрульного способа или идентификации каждого сортимента позволит проконтролировать движение древесины по реке и не допустить засорения и загрязнения экосистемы.

Предлагается законодательно установить предельные величины потерь при организации молевого сплава в размере 1 % от объема сплавляемого леса на 100 км водного пути. Данную величину можно обосновать следующими расчетами: в период весеннего половодья ширина малой реки в среднем составляет 10 м по бровкам, глубина 2 м, скорость течения 0,5 м/с, средний расход воды в данном случае составит $10*2*0,5=10$ м³/с; учитывая возможное соотношение объемов сплавляемой древесины и воды 1:250, получаем, что в сутки по такой реке мы можем безопасно для экосистемы реки сплавить до 3,5 тыс. м³ древесины в темное время суток проводить сплав невозможно, так как средняя пропускная способность составляет 300–500 м³/сут, которая уменьшается пропорционально объему воды в периоды подъема и спада кривой половодья. Поскольку период половодья на малых реках обычно составляет 15–25 дней в год, то предельный объем сплавляемой древесины с учетом погодных и иных условий за этот период составит 5–6 тыс. м³ в зависимости от извилистости реки, величины снегозапасов на водосборе и интенсивности снеготаяния.

Заключение

Таким образом, нами представлены результаты обследования р. Ошмянка и указана приблизительная естественная захламленность данной реки в размере 6 м³/пог. км или 250–300 м²/пог. км. Учитывая, что для малых рек длина сплавного пути не превысит 100 км, то легко подсчитать естественную засоренность реки древесиной на таком участке, составляющей порядка 600 м³ или 25–30 тыс. м². При предварительной подготовке к молевому сплаву эта древесина из русла реки будет извлечена. Даже если разрешить лесозаготовителю сохранить существующее до организации молевого сплава экологическое состояние реки (засоренность в размере 600 м³), то в процессе сплава можно потерять до 10 % древесины от общего объема сплава (для сравнения – во времена СССР потери при молевом сплаве не превышали 5 %). В современных же условиях (при возможности учета каждого сортимента) такие потери не могут превышать 10–50 м³ на 100 км. Следовательно, при установлении предельной величины потери древесины на уровне 1 % от объема сплавляемого леса на 100 км водного пути произойдет как минимум десятикратное уменьшение захламленности русла.

Библиографические ссылки

1. Будыка СХ, Манухин ГА, Пименов АН. *Водный транспорт леса и механизация лесосплавных работ: учебник для лесоинженерных специальностей вузов*. Минск: Вышэйшая школа, 1970. 439 с.
2. Виноградов АЮ, Виноградова ТА, Кадацкая ММ, Сазонова СИ, Хвалёв СВ. Экологические последствия использования малых рек для молевого сплава. *Гидросфера. Опасные процессы и явления*. 2019;1(4):533–554. DOI: 10.34753/HS.2019.1.4.533.
3. Виноградов АЮ, Ржавцев АА, Бачериков ИВ, Хвалев СВ, Обязов ВА, Сазонова СИ, Кадацкая ММ, Парfenov ЕА, Виноградов ИА. О применимости молевого сплава по малым рекам в современных условиях. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2020;231:110–130. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.231.110-130.

4. Мурашова ОВ. Гидродинамические характеристики лесосплавных плоских сплошочных единиц: [автореферат диссертации]. Архангельск: [б. н.]; 2007. 19 с.
5. Корпачев ВП, Малинин ЛИ, Чебых ММ, Рябоконь ЮИ, Пережилин АИ. Влияние затопленной и плавающей древесной массы на водные объекты. *Хвойные boreальной зоны*. 2008;25(3–4):340–343.
6. Симоненков МВ, Салминен ЭО, Бачериков ИВ. Основы для разработки системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепи поставок. *Ресурсы и технологии*. 2016;13(4):12–26.
7. Sedell JR, Leone FN, Duval WS. Water Transportation and Storage of Logs. Chapter 9. Influences of Forest and Rangeland Management on Salmonid Fishes and Their Habitats. *American Fisheries Society Special Publication*. 1991;19:325–368.
8. Ткачев БП, Булатов ВИ. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: аналитический обзор. Новосибирск: [б. н.]; 2002. 114 с.
9. Азаров ВИ, Буров АВ, Оболенская АВ. Химия древесины и синтетических полимеров. Санкт-Петербург: СПбЛТА; 1999. 628 с.
10. Полева АО. Экспериментальные исследования по оценке влияния затопленной древесины на качество воды водохранилища. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2012;199:73–80.
11. Фоминцев МН, Кулешова ТВ, Муравейник АС. О влиянии лесосплава на водные объекты и возможные критерии его экологической обеспеченности. В: *Механизация водного транспорта леса. Сборник научных трудов*. Москва: Лесная промышленность; 1990. с. 11–25.

References

1. Budyka SKh, Manukhin GA, Pimenov AN. *Vodnyy transport lesa i mekhanizatsya lesosplavnykh rabot*. [Water transport of forests and mechanization of logging operations]. Minsk: Vysshishaja shkola; 1970. 439 p. Russian.
2. Vinogradov AYu, Vinogradova TA, Kadetskaya MM, Sazonova SI, Hvalev SV. Environmental im-pact of using small river for log driving. *Hydrosphere. Hazard processes and phenomena*. 2019;1(4):533–554. DOI: 10.34753/HS.2019.1.4.533. Russian.
3. Vinogradov AY, Rzhavtsev AA, Bacherikov IV, Hvalev SV, Obyazov VA, Sazonova SI, Kadetskaya MM, Parfenov EA, Vinogradov IA. On the applicability of loose logs driving on small rivers in modern conditions. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*. 2020;231:110–130. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.231.110-130. Russian.
4. Murashova OV. *Hidrodinamicheskie kharakteristiki lesosplavnykh ploskikh splotochnykh edinits*. [Hydrodynamic characteristics of flat alloy rafting units] [PhD thesis]. Arkhangel'sk: [publisher unknown]; 2007. 19 p. Russian.
5. Korpachev VP, Malinin LI, Chebykh MM, Ryabokon' YuI, Perezhilin AI. The effect of flooded and floating wood pulp on water bodies. *Conifers of the boreal zone*, 2008;25(3–4):340–343. Russian.
6. Simonenkov MV, Salminen EO, Bacherikov IV. Basics for developing a system for monitoring movement and piecewise automatic identification of round timber in the supply chain. *Resources and Technology*. 2016;13(4):12–26. Russian.
7. Sedell JR, Leone FN, Duval WS. Water Transportation and Storage of Logs. Chapter 9. Influences of Forest and Rangeland Management on Salmonid Fishes and Their Habitats. *American Fisheries Society Special Publication*. 1991;19:325–368.
8. Tkachev BP, Bulatov VI. *Malye reki. Sovremennoe sostoyanie i ekologicheskie problem*. [Small rivers: current status and environmental problems: an analytical review]. Novosibirsk: [publisher unknown]; 2002. 114 p. Russian.
9. Azarov VI, Burov AV, Obolenskaya AV. *Khimia drevesiny I sinteticheskikh polimerov*. [Chemistry of wood and synthetic polymers]. Saint-Petersburg: Izdatelstvo Sankt-Peterburgskoi Lesotekhnicheskoi akademii; 1999. 628 p. (Russian).
10. Poleva AO. Experimental studies to assess the impact of flooded wood on the water quality of the reservoir. *Bulletin of the Saint Petersburg Forestry Academy*. 2012;199:73–80. Russian.
11. Fomintsev MN, Kuleshova TV, Muraveinik AS. On the effect of timber rafting on water bodies and possible criteria for its environmental sustainability. In: *Mekhanizatsiya vodnogo transporta lesa*. [Mechanization of forest water transport]. Moscow: Lesnaya promyshlennost; 1990. p. 11–25. Russian.

Статья поступила в редакцию 18.08.2020.
Received by editorial board 18.08.2020.