



Оценка долговременного воздействия сплошных рубок леса на водные ресурсы в средней подзоне тайги Республики Коми

Ю. Паутов, А. Боровлёв, Фонд содействия устойчивому развитию «Серебряная тайга»

Введение

Промышленные лесозаготовки являются основным антропогенным фактором изменения таежных ландшафтов за последние столетия. При этом по мере развития техники и технологий лесозаготовок такое воздействие приобретает все более масштабный характер. Если до середины XX века в таежной зоне России преобладали выборочные рубки, то во второй его половине они повсеместно стали сплошными, в результате которых происходит полная смена лесной экосистемы и период восстановления исходного типа леса растягивается на столетия.

Влиянию сплошных рубок на гидрологический режим рек и территорий посвящено немало научных публикаций [6, 7, 20]. Исследования проводились как в России, так и за рубежом, большинство из них на небольших экспериментальных водосборах, расположенных преимущественно в центральных районах европейской части России [11]. Однако наиболее масштабное воздействие промышленных лесозаготовок приходится на таежную зону, где таких исследований очень мало.

Необходимо также отметить, что экспериментальные исследования влияния рубок на гидрологический режим лесных территорий обычно охватывают небольшой период — редко более 10 лет, что вполне объяснимо трудоемкостью и значительной стоимостью таких исследований в лесных стационарах [17]. Однако последствия рубок продолжают воздействовать на гидрологические параметры водотоков и ландшафтов гораздо дольше — 40 лет и более, в зависимости от скорости лесовосстановительных процессов на вырубках и от состава и продуктивности формирующихся вторичных древостоев. Поэтому целями данного исследования являлись, во-первых, оценка влияния сплошных рубок на гидрологический режим рек в таежных ланд-

шафтах средней подзоны тайги Республики Коми, во-вторых, оценка именно долговременных последствий сплошных рубок на таежные ландшафты.

География исследования

Для проведения исследований выбран в первую очередь водосборный бассейн р. Мезень (в границах Удорского района Республики Коми), который можно назвать крупномасштабным долгосрочным экспериментом по воздействию сплошных концентрированных рубок на таежные ландшафты. Здесь в середине 1970-х годов начало свою деятельность совместное советско-болгарское лесозаготовительное предприятие «Мезеньлес», объемы рубок которого в отдельные годы превышали допустимую расчетную лесосеку в 3 раза. В 1980-х суммарная площадь сплошных вырубок достигала 30 тыс. га в год, объем лесозаготовок — 6 млн м³/год [8]. Для сравнения сегодня на всей территории Республики Коми ежегодно вырубается 7,5 млн м³. Совместное предприятие действовало в Удорском районе Республики Коми в течение 20 лет, за этот период сплошными рубками пройдено почти $\frac{2}{3}$ площади водосборного бассейна Верхней Мезени.

В соответствии с правилами рубок того времени площади лесосек достигали 200 га, а в виде исключения и 400 га, при этом сроки примыкания вырубок составляли 3 года. Таким образом, по масштабам воздействия сплошных рубок на таежный ландшафт деятельность предприятия «Мезеньлес» для того времени была беспрецедентной. В начале 1990-х предприятие прекратило свое существование в результате Перестройки и последующих политических изменений как в СССР, так и в Народной Республике Болгария, объемы лесозаготовок значительно сократились и в настоящее время не превышают 0,5 млн м³/год.

Для получения сравнительных характеристик также исследована многолетняя динамика лесозаготовок на водосборах еще пяти рек средней подзоны тайги Республики Коми: Прупт, Вочь, Локчим, Лопью и Верхняя Вычегда, относящихся к бассейну Верхней и Средней Вычегды (рис.1). По технологическим и лесоводственным характеристикам рубки на этих территориях ничем не отличались от таковых в бассейне Мезени, однако освоение водосборов перечисленных рек происходило более равномерно.

Методы исследования

Для оценки долговременного влияния сплошных рубок на гидрологические характеристики рек использованы многолетние ряды наблюдений на стационарных гидрологических постах гидрометеорологической службы в Республике Коми (Росгидромета). Именно наличием длинных рядов наблюдений на стационарных гидропостах и существенных (сравнимых с общей площадью водосборов) площадей сплошных вырубок за один и тот же период в значительной мере обусловлен выбор исследуемых водосборов.

Для оценки влияния рубок наиболее значимыми оказались долговременные ряды следующих гидрологических характеристик рек:

- максимальные уровни весеннего половодья;
- объем стока весеннего половодья;
- минимальный сток в период открытого русла;
- минимальный сток в зимний период.

Для уменьшения погодичных флуктуаций гидрологических характеристик ряды наблюдений выравнивали методом скользящей средней с шагом в 2 года. Затем полученные

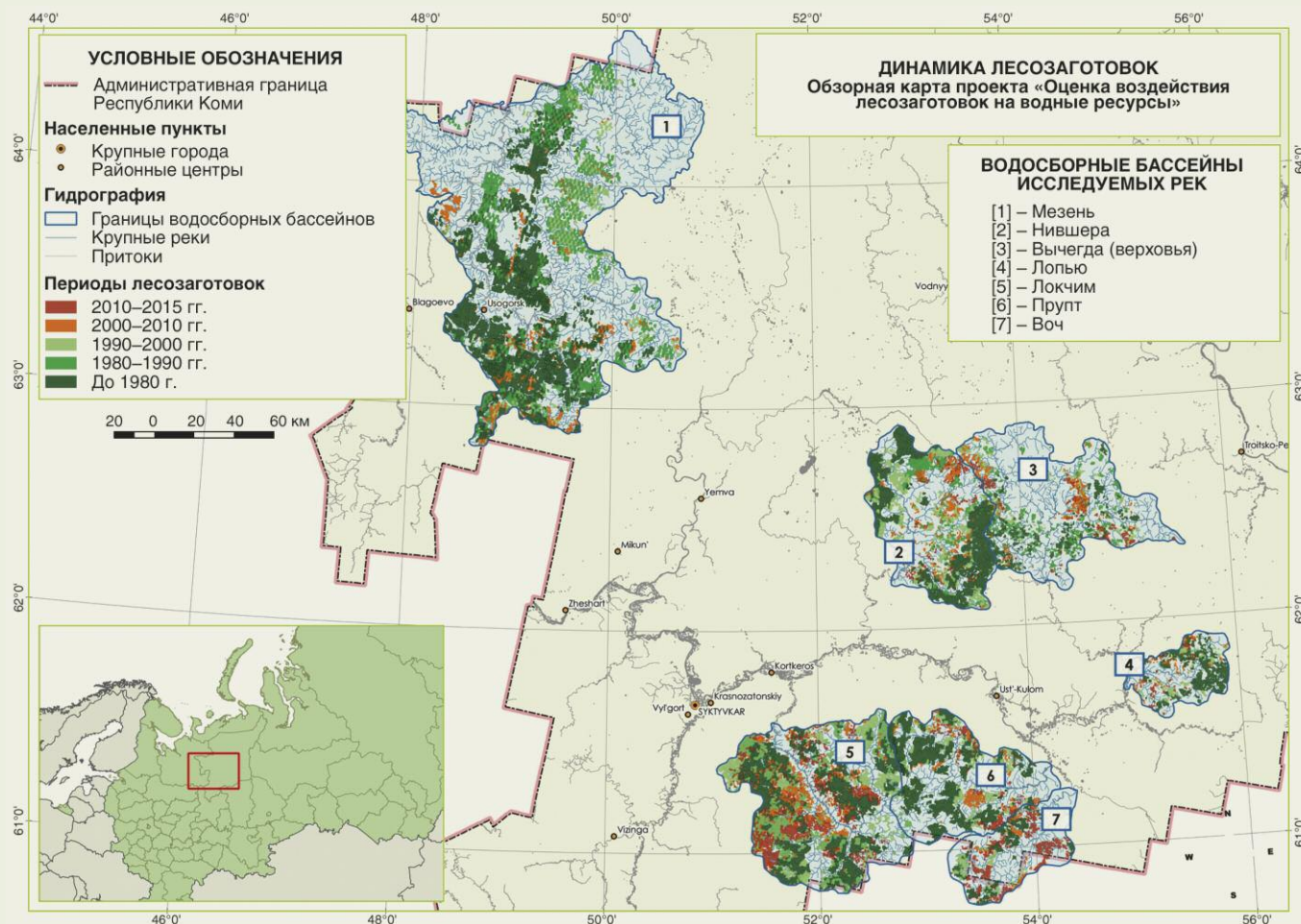


Рис.1. Общая география проекта

показатели коррелировали с площадью сплошных рубок на конкретных водосборах перечисленных рек за 5-летние периоды.

Площади сплошных вырубок на водосборах рек определяли по среднemasштабным космическим снимкам *Landsat* за доступный период. Для бассейна р. Мезень также использованы космические снимки *CORONA* периода 1970–1980 годов (рис. 2).

На основе рассчитанных корреляций определяли положительные или отрицательные тренды перечисленных гидрологических характеристик и их достоверность стандартными статистическими методами.

Для верификации полученных статистических трендов гидрологических параметров в бассейне Верхней Мезени

также использован метод социологического опроса старожилов Удорского района. Данные опроса позволили уточнить долговременные изменения гидрологических характеристик малых рек и ручьев — притоков Мезени, на которых отсутствуют стационарные гидрологические посты Росгидромета, а также оценить влияние сплошных вырубок на гидрологический режим территории и на рыбные ресурсы р. Мезень и ее притоков.

Гидрологическая роль лесных экосистем

Наиболее масштабным фактором трансформации лесных ландшафтов в таежной зоне России начиная со второй

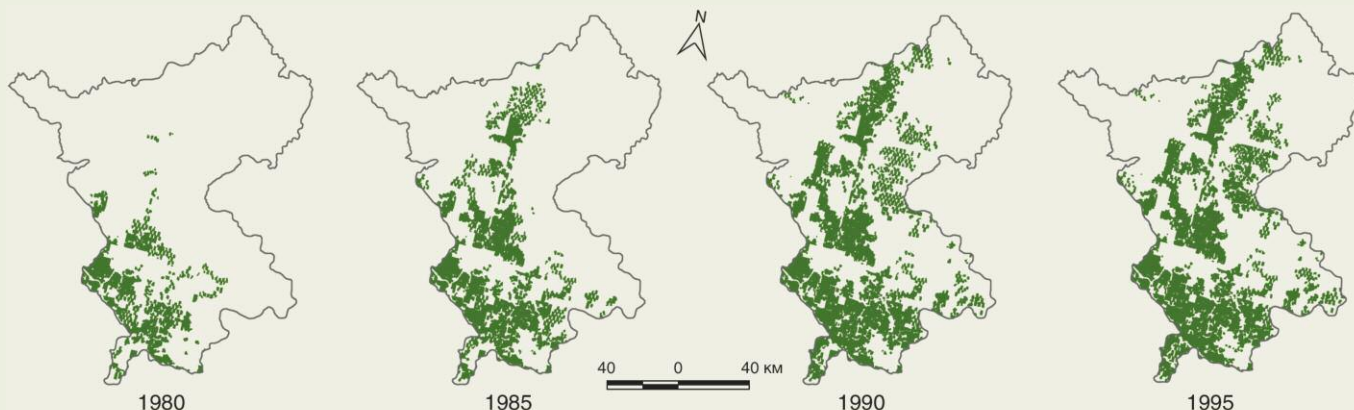


Рис. 2. Результат классификации — динамика лесозаготовок в верховьях р. Мезень с 1975 по 2005 год (серым обозначена граница водосбора, зеленым выделены лесозаготовки)



половины XX века являются сплошные рубки. Такие рубки приводят к долговременным преобразованиям лесных экосистем и изменениям условий формирования элементов водного баланса территории [17]. В результате механизированных сплошных рубок происходит ухудшение водно-физических свойств лесных почв, снижается их инфильтрационная способность, увеличивается поверхностный сток и, соответственно, усиливается эрозия почвы. На техногенно нарушенных участках вырубок, общая доля которых может достигать 30 % площади лесосеки, изменяются структура и физические свойства лесных почв, снижается их плодородие, вследствие этого происходит задержка лесовосстановительных процессов, снижается продуктивность вторичных древостоев [13]. Водоохранные свойства нового поколения леса не восстанавливаются значительный период, особенно на тех площадях, где наблюдается смена хвойных пород лиственными [14]. В результате обширных сплошных рубок на водосборах лесных рек уменьшается пополнение грунтовых вод, изменяется гидрологический режим водотоков и водосборных бассейнов рек в целом.

Многочисленные экспериментальные исследования, проводившиеся в разных странах, позволили сформировать основные представления об особенностях гидрологического цикла лесных водосборов и роли лесных экосистем в гидрологических процессах. Влияние леса на гидрологический цикл и речной сток наиболее заметно проявляется в перехвате осадков кронами деревьев и увеличении потерь стока на суммарное испарение. В среднем полог древостоя может задерживать 10–25 % выпадающих жидких осадков, однако величина суммарного испарения в теплый период может меняться в значительном диапазоне в зависимости от климатических условий, почвенных характеристик, а также от состава, структуры и возраста древостоя. В зимний период перехват осадков и испарение также играют важную роль, особенно в хвойных лесах, где снег задерживается на кронах деревьев и под пологом леса в течение длительного времени [7].

Почвы водосборов, покрытых лесом, имеют более высокую проницаемость, что приводит к сокращению поверхностного стока и увеличению запасов грунтовых вод. В результате этого увеличение лесистости водосбора способствует снижению максимального расхода и объема весеннего стока и повышению меженного стока. Во многих исследованиях отмечается, что при рубке леса наблюдалось увеличение максимального расхода и объема паводков и половодий, а меженный сток уменьшался или полностью прекращался на малых лесных реках [15].

По мнению О. И. Крестовского [6], существенное влияние на гидрологический цикл и годовой сток рек в северо-западной части Европейской России имеет возраст древостоя, определяющий интенсивность транспирации. В наибольшей степени вырубки влияют на изменение сезонной структуры стока. При вырубке лесов на больших площадях происходит перераспределение стока за счет увеличения поверхностной составляющей и, следовательно, доли весеннего стока [1].

Результаты и обсуждение

В качестве наиболее информативных показателей для оценки влияния сплошных рубок на гидрологические параметры лесных рек были избраны:

- максимальные уровни весеннего половодья;
- объем стока весеннего половодья;
- минимальный сток в летнюю межень;
- минимальный сток в зимнюю межень.

Данные гидрологические параметры, как и в целом годовой сток в створе реки, являются результатом взаимодействия комплекса физико-географических факторов. Ведущая роль в формировании гидрологического режима принадлежит климату, поскольку его характер предопределяет и приходную часть водного баланса (осадки, запас воды в снежном покрове), и потери влаги на испарение с поверхности земли и воды, а также на транспирацию. Массированные сплошные рубки леса на водосборах оказывают существенное влияние на гидрологический режим рек.

Бассейн р. Мезень

Для оценки влияния сплошных рубок на гидрологические параметры стока р. Мезень на территории Удорского района Республики Коми выбраны два гидрологических поста — в д. Макарь-Ыб (Верхняя Мезень) и в д. Большая Пысса. Оценка выполнена на основе анализа данных рядов наблюдений с 1945 по 2013 годы. Результаты сопоставления графиков годового стока на гидропостах Макариб и Большая Пысса с динамикой лесозаготовок (доля площади сплошных рубок за 5-летие в общей площади водосбора, %) представлены на рис. 3.

Очень хорошо заметен тренд увеличения средних показателей годового стока с 1970-х годов: это начало активной деятельности совместного советско-болгарского предприятия «Мезеньлес» и резкого увеличения объемов лесозаготовок на исследуемом водосборе. Необходимо отметить, что интенсификация лесопользования в бассейне Мезени происходила на фоне многолетних изменений климата, что привело к изменению условий формирования стока и нарушению однородности рядов стоковых характеристик реки на исследуемых гидропостовых участках.

Динамика зимней межени

Увеличение минимального стока в период зимней межени является характерной чертой для рек европейской части России в течение последних десятилетий [8]. Реки северных широт отреагировали на потепление климата несколько позже и менее интенсивно, но устойчивое увеличение значений зимнего стока наблюдается на всех водотоках Европейского Севера. В процентном отношении средний минимальный зимний сток за весь период наблюдений на гидропосту Большая Пысса (1961–2013 годы) по сравнению с периодом до 1970 года увеличился на 15 %,



Рис. 3. Корреляция кривых стока по данным гидропостов Макариб (красная линия) и Большая Пысса (синяя линия) с долей лесозаготовок на водосборе

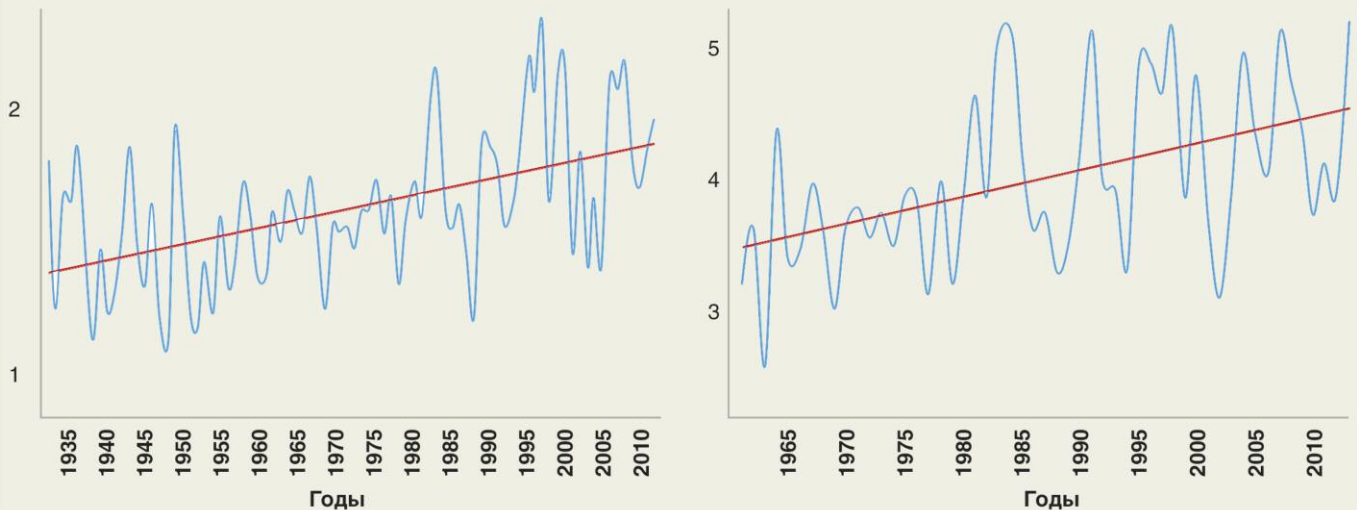


Рис. 4. Средний расход воды зимней межени на гидрологических постах Макариб (слева) и Большая Пысса (справа), м³/с

а на гидропосту Макариб средний минимум стока зимней межени за период 1932–2013 годов в сравнении с 1970-м увеличился на 9 %.

Непропорциональное изменение значений минимального зимнего стока в двух пунктах наблюдений на одной реке, расположенных на расстоянии 226 км друг от друга и имеющих коэффициенты корреляции стока не менее 0,7, позволяет предположить, что горизонт грунтовых вод на водосборе Мезени понизился в результате концентрированных сплошных рубок и последующей смены коренных хвойных лесов вторичными лиственными. Этот факт подтверждается данными социологического опроса старожилов (см. ниже). В результате произошло перераспределение подземного стока. Та часть грунтовых вод, которая до массового распространения сплошных рубок на водоразделе разгружалась в пределах общего водосбора Верхней Мезени в районе гидропоста Макариб, теперь выходит ниже Макариба, ближе к Большой Пыссе, и обеспечивает некоторое увеличение летне-осеннего меженного стока в средней части бассейна Мезени.

Проведенный анализ показал, что период с 1970 по 1980 год является переломным в долговременных рядах всех (без исключений) характеристик гидрологического режима. Именно на эти годы приходилась наибольшее развитие лесозаготовок предприятия «Мезеньлес» на водосборе Мезени. Резкое уменьшение летне-осеннего меженного стока и среднегодового стока отмечено к 1980 году. Далее до 1990 года, в отдельных случаях до 1995–2000 годов, наблюдался период уравнивания значений стока, а к 2010–2013 годам — период его восстановления к прежним значениям.

Наибольшие значения среднего за 10 лет объема стока половодья наблюдались в 1980–1990 годах, после чего он начал снижаться и этот процесс продолжается. Следовательно, период восстановления стока половодья после прекращения массивных сплошных рубок составил не менее 20 лет (с 1990 до 2010 года). Этот временной период соответствует срокам формирования сомкнутых вторичных древостоев на сплошных вырубках средней и северной подзоны тайги Республики Коми [9].

Особо значимым показателем влияния сплошных рубок на гидрологический режим водосбора р. Мезень оказались данные о наименьших уровнях периода открытого русла и зимней межени. В многолетних рядах наблюдений на гидропостах Макариб и Верхняя Пысса в период 1970–1980-х годов по этим показателям наблюдается значимый отрицательный тренд. Это явное свидетельство снижения горизонтов грунтовых вод, которое подтверж-

дается и данными социологического опроса старожилов (см. ниже).

Социологический опрос

Помимо анализа статистических показателей динамики лесозаготовок и гидрологического режима, проведен социологический опрос старожилов на территории Удорского района Республики Коми. Выбор респондентов включал в себя следующие критерии:

1. Респондент должен проживать на территории Удорского района в течение последних 40 лет и более.
2. Респондент должен помнить состояние водных ресурсов до, во время и после «болгарских» лесозаготовок.
3. Респондент должен заниматься охотой и рыбалкой, следовательно, иметь представление о ландшафте.

Особое внимание уделялось разработке анкеты для получения наиболее полной информации об изменении гидрологических характеристик р. Мезень и притоков под воздействием лесозаготовок.

Анкета разделена на восемь основных блоков. Первые четыре блока вопросов включали в себя оценочные суждения респондентов:

- долговременное (20 лет и более) воздействие сплошных вырубок на водные ресурсы (пересыхание малых водотоков, обмеление рек и ручьев, заиливание водотоков, образование наносов песка, изменение режима паводков и половодий, изменение уровня грунтовых вод);
- долговременное воздействие сплошных вырубок на рыбные ресурсы (изменение запаса рыбы в реках, изменение видового состава, исчезновение ценных видов рыб (семга, хариус, сиг) и т. д.);
- причины долговременного изменения рыбных ресурсов в реках после вырубок;
- происходит ли восстановление исходных характеристик лесных рек и ручьев через 20–30 лет после лесовосстановления на вырубках.

В следующих четырех блоках вопросов респондентам необходимо было отметить изменения гидрологических характеристик, а также состояния водотоков на предложенной карте. В вопросы входили: долговременные изменения в руслах Мезени и Вашки; изменение состояния малых рек и ручьев и их гидрологический режим, а также — изменения гидрологического режима территории в целом.

В опросе участвовал 101 человек, возраст которых составлял от 40 лет до 81 года. Были представлены населенные пункты: Кослан, Усогорск, Буткан, Большая Пысса, Важгорт, Чернутьево, Сёлиб, Ертом.



Рис. 5. Распределение основных гидрологических характеристик, изменившихся после сплошных вырубок, по результатам опроса старожилов

На основе полученных данных, удалось выявить основные изменения гидрологических характеристик водотоков в результате лесозаготовок (рис. 5).

Как видно из приведенных на рис. 5 результатов, большинство респондентов наиболее значимыми долговременными последствиями рубок считают обмеление ручьев и исчезновение малых водотоков — фактически истоков рек и ручьев. Почти 13 % опрошенных старожилов отметили изменение режима паводков и половодий на лесных реках, а также понижение уровня грунтовых вод, которое большинством опрошенных респондентов диагностировалось по снижению уровней воды в колодцах в различных поселениях Удорского района. И. В. Сычев из с. Буткан указывает в анкете: «После «болгарских» рубок наблюдается пересыхание колодцев. С марта по май и в августе воды в колодцах нет, или очень мало».

Почти 15 % опрошенных отметили заиление рек и ручьев, образование наносов песка в руслах рек, исчезновение зимовальных ям. С этими причинами многие жители Удорского района связывают сокращение рыбных запасов, особенно ценных пород рыб — хариуса, семги, сига в самой Мезени и в ее притоках. Старожил с. Кослан Н. Д. Жилин приводит такой пример долговременных изменений в русле Мезени вследствие выноса песка с мест рубок: «Будучи подростком в начале 1960-х годов, я нередко поднимался с отцом на моторной лодке от с. Кослан до с. Глотова. На этом небольшом отрезке Мезени длиной около 60 км насчитывалось 12 каменистых перекатов, на которых отец заставлял меня толкаться шестом, чтобы не повредить ценный в те времена винт лодочного мотора «Стрела». Сегодня на этом отрезке не осталось ни одного каменистого переката, все они занесены песком, причем фарватер на песчаных перекатах постоянно меняется».

А. В. Логинов из с. Большая Пысса отмечает: «В реках заметно уменьшилось количество ценных видов рыб. Там, где раньше обитали семга и хариус, теперь появились окунь и елец. Высохли истоки рек и ручьев».

Из анкеты П. С. Алексеева из с. Чернутьево: «Сейчас реку Мезень можно перейти пешком, а 40 лет назад здесь ходили пароходы!»

К сожалению, данные Гидрометеослужбы об объемах взвешенных частиц в воде и о перемещении наносов в реках Республики Коми практически отсутствуют. Поэтому свидетельства очевидцев и старожилов являются подчас единст-

венным доказательством долговременных изменений в руслах рек, таких как образования песчаных отмелей, кос, и островов.

Проблему запесчанивания русла Мезени и постоянно изменяющегося фарватера судового хода на реке отмечают не только жители Удорского района Республики Коми, но и ниже расположенных сел и деревень Лешуконского и Мезенского районов Архангельской области, где объемы лесозаготовок были в несколько раз меньше. При этом необходимо отметить, что накопление и перемещение песчаных наносов в русле Мезени и на ее берегах продолжается до настоящего времени, хотя прошло уже более четверти века после резкого сокращения там объемов и площадей сплошных рубок. Этот факт является еще одним доказательством долговременных необратимых изменений таежных ландшафтов в результате сплошных рубок.

Бассейн Верхней Вычегды

Постоянные гидрологические наблюдения на р. Прупт (гидропост Климово) начались с 1959 года, а на р. Вочь (гидропост Верхняя Вочь) — с 1954 года. Как раз в этот период в Республике Коми происходил переход от преимущественно конно-ручной технологии рубок (валка леса с помощью пилы-лучковки и конной вывозки сортиментов на катища для молевого сплава по рекам) к механизированной лесозаготовке с помощью бензопил и трелевочных тракторов с вывозкой древесины по лесовозным дорогам на механизированные нижние склады или непосредственно на лесоперерабатывающие предприятия. При этом до середины 1950-х годов применялись преимущественно добровольно-выборочные и условно-сплошные рубки на сосновый пиловочник в прирусловых частях водосборных бассейнов сплавных рек, а в результате механизации лесозаготовок сплошные рубки переместились на водораздельные части водосборных бассейнов сплавных рек в бассейне Вычегды. Наиболее масштабные нарушения водосборов сплошными концентрированными вырубками приходится на период 1965–1990 годов (рис. 6).

Из-за почти одновременного начала постоянных наблюдений на реках Прупт и Вочь и проведения масштабных вырубок в их бассейнах невозможно сравнить хронологические ряды гидрологических параметров этих рек до и после вмешательства в естественный процесс формирования



Рис. 6. Динамика лесозаготовок на территориях водосборных бассейнов Верхней Вычегды (серым обозначены границы водосборов, зеленым выделены лесозаготовки)

стока. Поэтому вместе с ситуацией в бассейнах рек Прупт и Вочь проанализированы изменения гидрологического режима еще нескольких притоков Вычегды (рис. 7) — рек Лопь-Ю (гидропост Лопьювад), Нившера (гидропост Троицк), Локчим (гидропост Бояркерос), а также верховья р. Вычегда (гидропост Помоздино и Пузла). Необходимо отметить, что значительную часть водосбора Верхней Вычегды занимает ООПТ регионального уровня — Верхне-Вычегодский комплексный заказник, где рубки запрещены.

Проведенный анализ показал, что средние значения годовых расходов воды от одного 5-летия к другому увеличивались с 1970 по 2000 год на реках Прупт, Вочь, Локчим, Лопь-Ю пропорционально росту площадей сплошных рубок на водосборах. За последние 10–15 лет ежегодные значения

среднегодовых расходов воды на этих реках заметно уменьшились, что можно объяснить увеличением эвапотранспирации мелколиственных древостоев, возобновившихся на вырубках прошлых лет. При этом среднемноголетнее значение годовых расходов воды за весь период наблюдений с 1950 до 2015 год увеличилось совсем на небольшую величину, не изменилось или даже уменьшилось по сравнению с 2000 годом.

По Верхней Вычегде (гидропосты Пузла, Помоздино), где площадь сплошных вырубок существенно ниже, увеличение среднегодовых расходов началось после 1980 года и продолжается до настоящего времени. Этот общий тренд объясняется увеличением водности рек Европейского Севера в связи с потеплением климата.

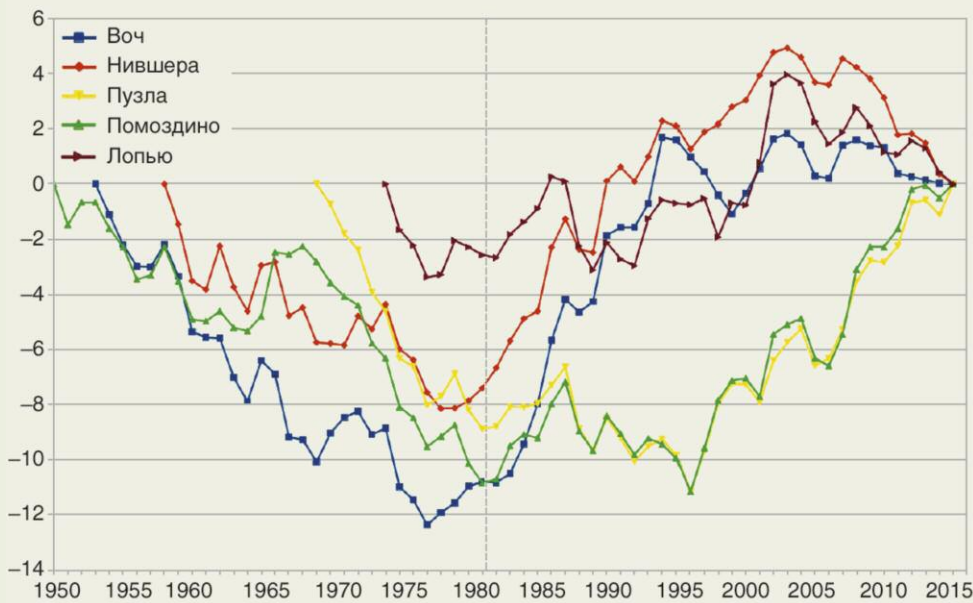


Рис. 7. Кривая стока исследуемых рек Вычегодского бассейна

Динамика зимней межени

В то время как на всех водотоках Республики Коми началось стабильное увеличение зимнего стока в период после 1980–1985 годов (на более северных водных объектах и позже), на реках Прупт, Вочь и Локчим такой период устойчивого увеличения расходов зимней межени можно выделить с 1965 года. До 1985 года по посту Климово, до 1995 года — по постам Верхняя Вочь, Бояр-Керос и даже Лопьювад в рядах значений минимальных 30-суточных расходов воды обнаруживается значимый положительный тренд. В период после указанных переломных лет знак тренда по этим пунктам становится отрицательным. При этом общий тренд за весь период наблюдений сохраняет положительное направление, но в конечном итоге теряет значимость.

Такое нехарактерное изменение периодов водности зимней межени, наблюдаемое на реках Прупт, Вочь, Локчим, по сравнению с другими лесными реками Республики Коми, а также с Верхней Вычегодой (на которых увеличение зимнего стока продолжается до сих пор), на наш взгляд, обусловлено сроками (длительностью периода) интенсивного освоения водосборов этих рек сплошными рубками и последующим лесовосстановлением на вырубках.

Заключение

Сравнительный анализ длительных рядов наблюдений на постоянных гидропостах Гидрометеослужбы Республики Коми с материалами пространственно-временной динамики распространения сплошных рубок на водосборах лесных рек средней подзоны тайги Республики Коми за последние 40 лет позволяет сделать следующие выводы:

1. Сплошные концентрированные рубки на водосборах таежных рек приводят к значимому изменению гидрологического режима малых и средних рек по меньшей мере в течение 40 лет и более.

2. На увеличение общей водности северных рек существенное влияние за последние десятилетия оказывает изменение климата, при этом массивные сплошные рубки на водосборах приводят к увеличению объемов весеннего половодья и сокращению уровней летней и зимней межени таежных рек.

3. Концентрация мест рубок на водосборах вызывает в первую очередь иссушение ручьев и обмеление малых лес-

ных рек, что в свою очередь негативно влияет на их биопродуктивность и воспроизводство водных биоресурсов.

4. Массивные сплошные рубки на водосборах приводят к выносу и отложению твердого стока — песка и ила — в поймы и русла малых водотоков и к последующему долговременному переотложению этих наносов в более крупных реках. Запесачивание и заиливание каменистых русел таежных рек также ведет к смене популяций ценных видов рыб (хариус, сиг, семга) менее ценными (окунь, елец и др.).

5. Для минимизации влияния долговременных негативных последствий сплошных рубок на таежные ландшафты необходимо отказаться от укоренившейся практики промыш-

ленного освоения лесной территории вдоль одной грузосборочной лесовозной дороги и перейти к ландшафтно-экологическому планированию лесопользования в границах водосборных бассейнов таежных рек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буренина Т. А. Водоохранно-защитные принципы лесопользования в бассейнах рек Северного Приангарья / Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов: Мат. Междунар. конф. Иркутск, 2005. С. 169–171.
2. Вомперский С. Е., Идзон П. Ф. Влияние леса на водные ресурсы. М., 1976. 166 с.
3. Демухаметов Р. Р., Шарифуллин А. Н. Антропогенная составляющая речного стока растворенных веществ // Экологический консалтинг. 2001. № 1 (41). С. 34–41.
4. Карпечко Ю. В., Бондарик Н. Л. Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне Европейского Севера России. Петрозаводск, 2010. 225 с.
5. Карпечко, Ю. В. Мясникова Н. А. Оценка изменения элементов водного баланса в первый год после рубок в таежной зоне Европейского Севера России // Учетные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 33. С. 31–44.
6. Крестовский О. И. Влияние вырубки леса и восстановления лесов на водность рек. Л., 1986. 117 с.
7. Кучмент Л. С., Гельфан А. Н., Демидов В. Н. Модель гидрологического цикла лесного водосбора и оценка изменений водного баланса при вырубке леса // Лесоведение. 2012. № 6. С. 3–13.
8. Ларин В. Б., Тюрин Е. Г. Динамика лесного фонда Удорского района за 1925–1993 гг. // Трансформация экосистем Севера в зоне интенсивной заготовки древесины: Труды Коми научного центра РАН № 154. Сыктывкар, 1997. С. 54–62.
9. Ларин В. Б., Паутов Ю. А. Формирование хвойных молодняков на вырубках северо-востока европейской части СССР. Сыктывкар, 1989. 142 с.
10. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. М., 1960. 488 с.
11. Мухамедшин К. Д., Родин С. А., Неволин Ю. И. Влияние сплошных концентрированных рубок на водоохранно-защитные функции лесов Ветлужско-Унженской равнины // Лесной вестник. 2003. № 3. С. 85–93.
12. Опучин А. А., Буренина Т. А., Зирюкина Н. В., Фарбер С. К. Лесо-гидрологические последствия рубок в условиях Средней Сибири // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 110–118.
13. Паутов Ю. А. Техногенная структура вырубок — основа технологии лесовосстановления. Сыктывкар, 1992. 20 с.
14. Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. М., 1979. 176 с.
15. Правила рубок главного пользования в равнинных лесах европейской части Российской Федерации. М., 1994. 32 с.
16. Рахманов В. В. Лесная гидрология / Итоги науки и техники. Лесоведение и лесоводство. Т. 3. М., 1981. 182 с.
17. Рубцов М. В., Дерюгин А. А., Салмина Ю. Н., Гурцев В. И. Водорегулирующая роль таежных лесов. М., 1990. 223 с.
18. Федоров С. Ф. О влиянии вырубки леса на изменение элементов его водного баланса // Труды ГГИ. 1979. Вып. 258. С. 30–44.
19. Kvindeland S. Hydrogeochemical processes in a forested watershed in southern Norway // Skogforsk. 1994. № 10. 37 p.
20. Jones J. A., Post D. Seasonal and successional streamflow response to forest cutting and re-growth in the northwest and eastern United States // Water Resources 2004. V. 40, W05203, doi:10.1029/2003WR002952.