

УДК 630\*611:556.5

*Г.А. КАЛИНИН, Ф.А. ПАВЛОВ, В.Я. ХАРИТОНОВ, В.Ф. ЦВЕТКОВ*

Архангельский государственный технический университет



Калинин Генрих Александрович родился в 1931 г., окончил в 1954 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 печатных работ по проблемам лесовозного транспорта.



Павлов Фридрих Алексеевич родился в 1934 г., окончил в 1957 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник по специальности «Автомобильные дороги», профессор кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН, изобретатель СССР. Имеет более 80 печатных работ по проблемам создания эффективной лесотранспортной сети, ленточных дорожных покрытий.



Харитонов Виктор Яковлевич родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета, академик РАЕН. Имеет около 140 печатных трудов в области водного транспорта леса, экологии водных объектов, гидродинамики.



Цветков Василий Фролович родился в 1935 г., окончил в 1958 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой лесоводства и почвоведения Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН. Имеет более 200 печатных работ в области лесоводства и лесоведения, социальной экологии и охраны окружающей среды на Севере.

## РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК ВАЕНЬГА И ЮЛА\*

Исследованиями двух граничащих бассейнами притоков р. Северной Двины с примерно одинаковыми природными условиями установлено существенное негативное влияние нерационального лесопользования на водность и режим стока. Разработан и использован метод анализа возрастной структуры и породного состава покрытых лесом площадей водосбора, пройденных рубками в разные годы.

It has been stated, based on investigations of the two tributaries of the Northern Dvina with their basins bordering on each other, that irrational forest management has the sufficient negative effect on water and flow conditions. Analysis technique has been elaborated and used for age structure and species composition of reservoir forest areas logged in different years.

Известно многостороннее и неоднозначное влияние леса на формирование речного стока и его режим [1 – 4]. Одной из важных экологических проблем современности является разбалансированность гидрологического режима речных систем вследствие антропогенной деятельности. Нами выполнен анализ изменения гидрологического режима р. Ваеньга и Юла, впадающих в Северную Двину, за последние 50 лет и динамики лесопользования в их бассейнах за те же годы.

Бассейны этих рек близки по климатическим и физико-географическим условиям стока, но существенно различаются по уровню освоения сосредоточенных в них лесных ресурсов и насыщенности лесовозными дорогами.

В табл. 1 приведены для сравнения основные гидрологические и климатические характеристики рек. По этим данным видно, что, несмотря на существенную разность в площадях водосбора, модуль стока (средний годовой расход, деленный на площадь водосбора) у р. Ваеньги только на 6,1% больше, чем у р. Юлы. Несколько выше в бассейне р. Ваеньги среднегодовая температура. Некоторые различия имеются в геологическом строении — в бассейне р. Юлы больше распределены известняки и мергели, развиты карстовые явления.

Очень близки сравниваемые бассейны по характеру лесов. В обоих случаях преобладают еловые леса зеленомошной и долгомошной групп. На долю сосны приходится 20 ... 25 %.

Можно утверждать, что существенные различия в динамике гидрологических режимов этих рек связаны в основном с влиянием антропогенных факторов.

\* В работе принимала участие ассист. Е.А. Михина.

Таблица 1

Характеристики	Значения характеристик рек	
	Ваеньга	Юла
Длина реки до изучаемого створа, км	176	230
Площадь водосбора (замыкается расчетным створом), км <sup>2</sup>	2470	4510
Средняя высота бассейна, м	113	170
Средний уклон реки	0,00090	0,00058
Средний годовой расход, м <sup>3</sup> /с	28,3	48,3
Средняя продолжительность навигации, сут	176	180
Средняя продолжительность половодья, сут	50	50
Озерность, %	1	1
Заболоченность, %	5	4
Средняя годовая температура, °С	1,0	0,1
Средняя годовая скорость ветра, м/с	3,9	3,5
Средний многолетний слой осадков, мм	581	575
Средняя высота снежного покрова, см	57	49
Средняя продолжительность снежного покрова, сут	173	184

Учитывая противоречивость результатов ранее выполненных исследований о влиянии леса на водный режим и сложность учета всех факторов, для анализа выбраны следующие данные, подготовленные Архангельским гидрометцентром: по гидрологическим характеристикам – среднегодовой расход, средний расход половодья и открытого русла (навигации), продолжительность половодья и навигации, средний расход за 30 дн. летней межени, ее продолжительность; по климатическим характеристикам – среднегодовая температура, годовой слой осадков, высота снежного покрова.

Гидрологические характеристики исследованы по гидрометрическим створам у р. Ваеньги – д. Филимоновская, 42 км от устья; у р. Юла – д. Каренжиха, 20 км от устья.

При рассмотрении изменений в лесной растительности использован анализ возрастной структуры и породного состава покрытых лесом площадей водосборов. Методологическую основу его составляет учение о динамической типологии леса и современные представления о теории лесовосстановительных процессов в связи со сплошными рубками, обоснованные акад. И.С. Мелеховым и его учениками, а также специалистами в области лесовозобновления и формирования производственных насаждений на Европейском Севере и в Архангельской области в частности (В.Г. Чертовской, П.Н. Львов, И.В. Волосевич, Г.А. Чибисов и др.). Методологические подходы основаны на следующих положениях.

1. Лесные фитоценозы на любой стадии возрастного формирования несут достаточную информацию о своем происхождении, связанном с давностью рубки.

2. Давность рубки при естественном возобновлении достаточно достоверно отражается возрастом молодого поколения лиственных деревьев, фиксируемых при лесоустройстве.

3. В большинстве случаев давность рубки превышает возраст лиственного поколения в среднем на 1,5 года.

4. Породный состав возобновляющихся лесных фитоценозов определяется типом леса, давностью и способом рубки.

5. В каждом типе леса действуют свои закономерности динамики возрастной структуры и породного состава.

6. Типы леса различаются продолжительностью периодов лесовозобновления и сроком формирования производных насаждений.

Для ретроспективного анализа лесного фонда водосборов устанавливали площади рубки за прошедшее время. Из таксационных описаний для каждого квартала, вошедшего в бассейн лесничеств, выбирали площади выделов по группам возрастов и категориям породного состава. В хвойных лесах одну группу образуют все насаждения в возрасте более 50 лет, все другие площади разнесены по группам: 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15 и 10 лет. В пределах каждого возрастного этапа выделяли хвойные, хвойно-лиственные, лиственно-хвойные и лиственные насаждения. Суммы площадей по возрастным группам (этапам) привязывали к хронологической системе с поправкой на давность лесоустройства.

Среднюю годовичную лесосеку за этап устанавливали по площади образовавшихся насаждений, поделенной на продолжительность этапа.

Изменение доли не покрытых лесом площадей по мере лесопользования – удельную лесистость – определяли умножением годовичной лесосеки на средний период лесовозобновления, который по результатам ранее выполненных исследований принят: за период до 1940 г. – 8 лет; 1940–1960 гг. – 8,5; 1960–1980 гг. – 9,5; с 1980 г. – 10.

Анализ возрастов насаждений старше 50 лет позволил установить динамику площадей с неизменными гидрологическими функциями.

Построены удобные для статистической обработки и сравнительной оценки выравненные ряды динамики площадей: лесов с неизменными водоохранными и водорегулирующими свойствами; антропогенно сниженной эксплуатационной доли лесистости; антропогенно увеличенной доли молодых лесов с существенно измененными гидрологическими функциями и доли лиственных и лиственно-хвойных производных лесов с измененными гидрологическими функциями.

Интенсивность лесопользования непосредственно связана с густотой сухопутных транспортных путей. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог, как известно, оказывают влияние на гидрологический режим рек вследствие не только уменьшения лесопокрытой площади в связи с прорубкой трасс дорог, но и перераспределения его с помощью насыпей и выемок, водоотводных канав, а также изменения условий фильтрации при уплотнении или рыхлении грунта.

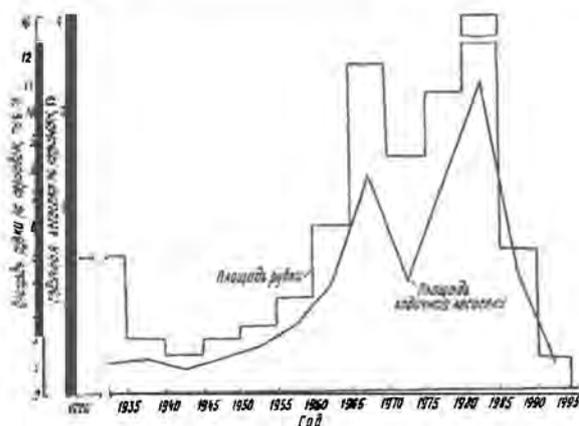


Рис. 1. Динамика площади рубки и средней годичной лесосеки по периодам в бассейне р. Ваеньги

В пределах бассейна р. Ваеньги построено 357,5 км, а в бассейне р. Юлы — только 40,0 км постоянно действующих лесовозных дорог, включая магистрали и ветки. Кроме того, эксплуатируются зимние дороги протяженностью соответственно 295,4 и 22,0 км.

Кроме магистралей и веток строят густую сеть временных лесовозных дорог (усов). Протяженность и размещение их в бассейне — также важный фактор воздействия на режим стока.

Оценить влияние лесовозных дорог на режим стока на данном этапе исследований можно только опосредованно через изменение лесистости.

На рис.1 приведена динамика площади рубки по периодам и средней годичной лесосеки по бассейну р. Ваеньги, а в табл. 2 — объем рубки за 70 лет.

Материалы исследований показывают, что наибольшая площадь рубки отмечена в 1981–1985 гг. (16,5 тыс. га), наименьшая — в военный период 1941–1945 гг. (279 га в год). Средний запас в эксплуатационных

Таблица 2

Годы	Площадь годичной лесосеки, га	Средний запас, м <sup>3</sup>	Годичная лесосека, тыс. м <sup>3</sup>	Объем рубки по периодам, тыс. м <sup>3</sup>
1920–1935	331	220	72,8	1092,0
1936–1940	380	200	76,0	380,0
1941–1945	279	180	50,2	251,0
1946–1950	388	170	65,9	329,5
1951–1955	482	160	77,1	385,5
1956–1960	666	150	99,9	499,5
1961–1965	1185	140	165,9	829,5
1966–1970	2321	140	324,9	1624,5
1971–1975	1167	135	157,5	787,5
1976–1980	2130	130	276,9	1384,5
1981–1985	3307	125	413,3	2066,5
1986–1989	1261	120	151,3	605,2
1990–1994	306	115	35,2	176,0

лесов бассейна последовательно снижался от 200 ... 220 м<sup>3</sup> на 1 га в 20–30-х гг. до 115 ... 120 м<sup>3</sup> в последнее десятилетие. Годичная лесосека по периодам резко колебалась (от 35,2 до 413,3 тыс. м<sup>3</sup>). Максимальный объем рубки наблюдался в первой половине 80-х гг., минимальный – в последние годы. Площадь, исключенная из категории лесопокрытой, возросла с 2,0 тыс. га в военный период до 34,7 тыс. га в 1981–1985 гг. Доля антропогенно обезлесенной площади в общей лесопокрытой возросла от 1,2 до 17,1 %.

Общая площадь насаждений, не затронутых систематическими рубками за период 1920–1994 гг., снизилась от 202,7 до 130,0 тыс. га, долевое участие спелых и перестойных насаждений упало от 99,0 до 64,1 %. Существенно изменился породный состав в бассейне. Так, если доля лиственных насаждений в 1920–1935-х гг. была 18 %, то в 90-е гг. она увеличилась до 37,4 % (вдвое).

Анализ статистических рядов наблюдений за климатическими факторами и гидрологическими характеристиками показал, что с наибольшей достоверностью они аппроксимируются уравнением линейной регрессии

$$y = a + bx,$$

где  $y$  – анализируемый фактор или характеристика;

$x$  – годы;

$a, b$  – постоянные величины.

В табл. 3 и 4 приведены количественные данные об изменении соответственно климатических факторов и гидрологических характеристик по результатам аппроксимации.

Таблица 3

Фактор	Значение показателя		Приращение*	
	в начале периода	в конце периода	за период	за год

р. Ваеньга, период наблюдений 34 года

Среднегодовая температура, °С	0,60	0,94	+ 0,34	+ 0,01
Годовая сумма осадков, мм	595	562	- 33	- 0,97
Высота снежного покрова, см	59,5	60,5	+ 1,0	+ 0,029

р. Юла, период наблюдений 50 лет

Среднегодовая температура, °С	0,3	- 0,1	- 0,4	- 0,008
Годовая сумма осадков, мм	546	559	+ 13	+ 0,26
Высота снежного покрова, см	51,7	51,5	- 0,2	- 0,004

\* Здесь и далее знак плюс означает увеличение, минус – уменьшение величины.

Таблица 4

Гидрологическая характеристика	Значение показателя		Приращение	
	в начале периода	в конце периода	за период	за год
р. Ваеньга, период наблюдений 39 лет				
Расход, м <sup>3</sup> /с:				
среднегодовой	29,7	29,9	+ 0,2	+ 0,005
средний за период:				
половодья	98,8	115,2	+ 16,4	+ 0,42
навигации	45,4	38,8	- 6,6	- 0,17
летней межени	26,5	26,2	- 0,3	- 0,008
р. Юла, период наблюдений 55 лет				
Расход, м <sup>3</sup> /с:				
среднегодовой	43,6	52,4	+ 8,8	+ 0,16
средний за период:				
половодья	83,3	125,1	+ 41,8	+ 0,76
навигации	77,9	76,8	- 1,1	- 0,02
летней межени	39,0	45,6	+ 6,6	+ 0,12

Выполненные исследования позволяют констатировать ряд важных положений. Среднегодовая температура в бассейне р. Ваеньги с интенсивностью 0,01 °С в год увеличивается, а по р. Юла примерно с такой же интенсивностью понижается, что не дает возможности однозначно оценить взаимосвязь лесопользования, температуры и водности.

С одной стороны, с повышением температуры возрастает испарение и, следовательно, уменьшается сток. Это мы и наблюдаем: увеличение среднегодового стока по р. Ваеньге (0,02 %) существенно меньше, чем по р. Юле (0,37 %).

С другой стороны, с понижением температуры увеличивается глубина промерзания, уменьшается доля грунтового питания. Расход за период межени также должен снижаться, но по р. Юле он увеличивается (0,31 % в год), а по р. Ваеньге уменьшается, хотя и слабо (0,03 % в год).

Сложность этой взаимосвязи усугубляется и тем, что высота снежного покрова в бассейне р. Юлы на 8... 9 см меньше, чем в бассейне р. Ваеньги.

Учитывая изложенное, невозможно установить влияние лесопользования на среднегодовую температуру на этом этапе исследований.

Годовая сумма осадков по бассейну р. Ваеньги уменьшилась на 0,16 %, а по р. Юле увеличилась на 0,05 % в год, что согласуется с результатами ранее выполненных исследований. Подтверждается также и влияние лесопользования на высоту снежного покрова. Поскольку в бассейне р. Ваеньги спелых и перестойных лесов осталось меньше, чем на р. Юле, то жидких осадков выпадает меньше, а так как на вырубках растут лиственные леса, то высота снежного покрова больше.

Среднегодовой расход увеличился по обеим рекам, что связано с глобальными циклическими явлениями, по р. Юле – на 0,37, а по р. Ваеньге только на 0,017 % в год. Существенно меньше разница в интенсивности увеличения расхода за период половодья (соответственно 0,91 и 0,43 %). За период навигации он уменьшился в первом случае с интенсивностью 0,37, во втором только 0,03 % в год, за период летней межени по р. Ваеньге сократился на 0,03 %, по р. Юле повысился на 0,31 % в год.

Существенно возросла неравномерность распределения стока по р. Ваеньге. При увеличении расхода в половодье его продолжительность за 39 лет наблюдений уменьшилась на 10 дн., или на 19,2 %.

Вместе с уменьшением расходов за навигацию и межень сократилась продолжительность навигации на 7 дн. (3,7 %) и увеличилась продолжительность летней межени на 13 дн. (10,0 %).

Итак, интенсивное лесопользование по существующим технологиям в бассейне р. Ваеньги повлияло отрицательно как на водность в целом, так и на распределение стока в течение года. Отмечено относительное уменьшение среднегодового стока, увеличение расхода половодья и сокращение его продолжительности, снижение расхода за навигацию и межень, повышение продолжительности последней (рис. 2).

Рис. 2. Условный гидрограф половодья по р. Ваеньге: 1 – в 1950 г., 2 – в 1990 г.



Для предотвращения дальнейшего ухудшения экологической обстановки в бассейне р. Ваеньги и аналогичных ей рек необходимо разработать способы неистощительного, рационального лесопользования, обосновать размеры и размещение лесорубочных участков, направленность и насыщенность лесовозных дорог, очередность рубок.

Предотвращению негативных изменений стока могла бы содействовать специальная система мероприятий, предусматривающая расщепление объемов рубки по бассейну, упорядочение способов рубок, включая маневрирование сезонами и технологиями лесозэксплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Идзон П. Ф. Лес и водные ресурсы. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 125 с. [2]. Крестовский О. И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 117 с. [3]. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. – М.: Наука, 1960. – 488 с. [4]. Шигломанов И. А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 300 с.