

Т. А. БУРЕНИНА, Н. Ф. ОВЧИННИКОВА, Е. В. ФЕДОТОВА

Институт леса СО РАН, г. Красноярск

## ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ВОДНОГО БАЛАНСА НА ВЫРУБКАХ ЧЕРНЕВОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОГО САЯНА

*По результатам долговременных лесоводственных и гидрологических наблюдений на вырубках и в производных лесах Западного Саяна проанализирована трансформация лесной растительности под воздействием рубок и выполнены расчеты составляющих водного баланса с учетом изменения структуры растительного покрова в ходе восстановительной сукцессии.*

Ключевые слова: сток, транспирация, испарение, динамика фитомассы.

*Using the results of long-term silvicultural and hydrological observations in cutover areas and in derivative forests of the Western Sayan, we examine the transformation of forest vegetation under the influence of cuttings. We have calculated the water balance components having regard to the change in the vegetation cover structure over the course of the progressive succession.*

Keywords: runoff, transpiration, evaporation, phytomass dynamics.

Промышленные рубки — один из важнейших антропогенных факторов, оказывающих трансформирующее воздействие на структуру водного баланса и формирование стока на водосборных бассейнах. Масштабные нарушения лесных экосистем оказывают влияние на процессы формирования водных ресурсов и гидрологические циклы в речных бассейнах любого ранга.

Освоение лесов рубками главного пользования приводит к уменьшению общей лесистости территории, росту доли молодняков и увеличению площадей, занятых производными мелколиственными насаждениями. Непрерывно меняются структура биогеоценозов, их продуктивность, возрастной и видовой состав древостоев, тип и густота напочвенного покрова и, соответственно, соотношение основных элементов водного баланса на данном участке. При этом специфика изменения структуры водного баланса зависит от характера лесовосстановительных сукцессий.

Располагая данными лесоустройства и материалами многолетних стационарных исследований в горных лесах Западного Саяна, авторы настоящей работы попытались оценить изменение водного баланса территории, вызванное рубками, а также проанализировать структуру водного баланса в ходе лесовосстановительного процесса.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались данные многолетних лесоводственных наблюдений на постоянных пробных площадях Ермаковского горного стационара Института леса СО РАН, материалы лесоустройства и водно-балансовых исследований на экспериментальных водосборах в бассейне р. Мал. Кебеж, на одном из которых в 1970-е гг. в качестве эксперимента 50 % площади водосбора было пройдено рубкой. На постоянных пробных площадях исследования проводились согласно методикам биогеоцено-

тических исследований В. Н. Сукачева и Н. В. Дылиса [1] с картированием и измерением морфометрических показателей всей древесной растительности. Таксационное описание древостоев выполнено в соответствии с «Инструкцией по проведению лесоустройства...» [2].

Фитомасса листвы и хвои определялась через значения среднего диаметра и высоты по данной составляющей породе путем расчета конверсионных коэффициентов  $K_f$  по трехпараметрическому уравнению  $K_f = aD^bH^c$ , где  $D$  и  $H$  — средние диаметр и высота древостоя или элемента леса;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — параметры по основным лесообразующим породам [3]. Суммарное увлажнение для высотных поясов определялось как средняя величина по методике [4]. Количество осадков  $X$  для высотных уровней находилось по графикам зависимости  $X$  от высоты местности [5]. Для расчетов использовались данные по осадкам метеостанции Григорьевка за 1963, 1975, 1980, 1985, 1990, 1998 гг. (фондовые материалы УГМС), т. е. в те годы, когда проводились исследования на пробных площадях.

Составляющие испарения на изучаемых объектах определялись расчетным путем. При оценке перехвата атмосферных осадков пологом леса использовались методы, основанные на зависимостях задержания атмосферных осадков от таксационных и биометрических характеристик древостоев [6–8]. Определение расхода влаги на транспирацию производилось по формуле

$$T = N \cdot (\sum I_k P_k + \sum i_k m_k) / F \cdot 10^6,$$

где  $N$  — число транспирационных часов за расчетный период;  $I_k$ ,  $i_k$  — интенсивность транспирации соответственно древостоя и травяно-кустарничкового яруса, мг(г·ч);  $P$  — фитомасса хвои и листвы деревьев, т/га;  $m$  — фитомасса травяно-кустарничкового яруса, т/га;  $F$  — площадь насаждения, га [9].

Для расчетов использовались данные по интенсивности транспирации и запасам фитомассы травяно-кустарничковой растительности, полученные для коренных, производных насаждений и необлесившихся вырубок Западного Саяна [9–12], и данные по интенсивности транспирации древесных пород [13–15]. Количество транспирационных часов рассчитывалось по годам, для которых определялись запасы фитомассы на вырубках, и на основе зависимости повторяемости осадков от их суммы [9].

Для определения величины испарения с почвы и снега использовались результаты экспериментальных исследований по изучению физического испарения на лесных и безлесных водосборах [6, 9–12]. Суммарный сток на изучаемых объектах определялся через уравнение водного баланса как разница между осадками и суммарным испарением [9, 16]:  $X_s = E_s + y_s$ , где  $X_s$  — годовая сумма осадков,  $E_s$  — суммарное испарение,  $y_s$  — суммарный сток в замыкающем створе основного водотока.

## ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ

Характерной особенностью хвойных лесов Западного Саяна является то, что они формируют отличающийся значительной вертикальной протяженностью темнохвойный пояс. Ко второй половине XX в. лесной покров Западного Саяна претерпел значительную трансформацию, вызванную концентрированными рубками. К началу 1960-х гг. были вырублены основные доступные массивы наиболее продуктивных черневых кедровых лесов. Структура лесного покрова значительно изменилась: темнохвойные высокополнотные древостои сменились производными насаждениями, в основном лиственными и смешанными. В настоящее время более 40 % площади бассейна р. Кебеж и около 30 % площади бассейна р. Тайгиш составляют леса, нарушенные рубками главного пользования [17].

Сукцессионные смены на вырубках в черневых и горнотаежных лесах протекают по-разному. В горнотаежном поясе восстановление пихтовых и кедрово-пихтовых насаждений после рубки может идти без смены пород, тогда как восстановление темнохвойных древостоев в черневом поясе на сплошных вырубках является более сложным процессом [18, 19]. Формирующиеся после рубок древостои гетерогенны по составу и в основном представлены пихтарниками, березняками и осинниками. В однородных почвенно-топографических условиях лесовосстановительный процесс может иметь различную направленность [20, 21].

Началу лесообразовательного процесса на вырубках, как правило, предшествует фаза травяно-кустарниковых растительных ассоциаций, которые поселяются на лесосеке в первые десять лет после рубки спелого леса. В зависимости от типологической характеристики насаждений, пройденных рубками, и сезона года, когда проводилась рубка, происходит зарастание вырубков травами и подлесочными породами. При летних лесозаготовках практически полностью уничтожается напочвенный покров, поэтому в первый год после рубки отмечаются минимальные значения запаса фитомассы.

Изучение динамики живого напочвенного покрова на экспериментальных водосборах [9–11] показало, что после рубки древостоя в кедровнике крупнотравно-папоротниковом, вследствие изменения экологических условий и повреждения дернового горизонта, запас фитомассы травяного покро-

ва уменьшился в два раза по сравнению с невырубленным участком водосбора (1,2 и 2,4 т/га соответственно). Однако на второй год после рубки запасы фитомассы травяного покрова на вырубке и в лесу выравниваются. В последующие годы за счет разрастания кустарниковой растительности на вырубке запасы напочвенного покрова превысили контроль в 1,2–1,4 раза.

Данные Р. М. Бабинцевой [22] показывают, что развитие травянистой растительности на вырубках папоротниковой группы типов леса в черневой тайге идет очень интенсивно. Через год после рубки запасы фитомассы травяного покрова на вырубке в 1,5 раза выше, чем под пологом леса, а к 8–9-ти годам отмечен максимум по всем показателям — высоте травостоя, проективному покрытию и запасам фитомассы. К этому времени на вырубках восстанавливается крупнотравно-папоротниковый покров со значительным участием злаков. На вырубках зеленомошной группы типов леса процесс зарастания отличается видовым разнообразием и меньшими величинами фитомассы травяного покрова.

Через 10–12 лет после рубки как в папоротниковой, так и в зеленомошной группах типов леса происходит смыкание крон в куртинах лиственных пород. Травяной покров на значительной площади отмирает, снижая проективное покрытие до 60 %. Постепенно видовой состав травянистой растительности начинает приближаться к исходному, появляются представители таежной флоры. Продуктивность живого напочвенного покрова значительно различается на открытых местах и в сомкнувшихся куртинах [22].

Производные насаждения, которые сменяют травяные сообщества на вырубках в темнохвойных лесах Западного Саяна, весьма разнородны по составу. Для подробного рассмотрения выбраны наиболее типичные пихтовый, березовый и осиновый фитоценозы, сформировавшиеся одновременно после рубки в 1950 г. кедровника вейниково-щитовникового, и где в 1970 г. заложены постоянные пробные площади Ермаковского горного стационара Института леса СО РАН [23].

Показатели запаса стволовой древесины и фитомассы листвы и хвои в изучаемых насаждениях с 1975 по 1998 г. приведены в табл. 1. Максимальными значениями фитомассы хвои характеризуется пихтовый древостой. Он сформировался из тонкомера и крупного хвойного подраста, сохранившегося на вырубке. Лиственные древостои появились после рубки, поэтому хвойные и лиственные деревья имеют разный возраст. На начало исследований в 1975 г. возраст пихты составлял 60 лет, а березы и осины соответствовал времени после рубки. По мере естественного изреживания исследуемых древостоев запас увеличился в 2–2,5 раза, тогда как фитомасса хвои или листвы возросла всего в 1,2–1,5 раза.

Таблица 1

**Возрастная динамика таксационных показателей и фитомассы в производных фитоценозах черневой тайги Западного Саяна**

Фитоценоз	Кол-во лет после рубки	Ярус	Состав древостоя	Густота, тыс. шт/га	Запас древесины, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса листвы (хвои), т/га
Пихтовый	25		8П2Б + Ос,ед.К	2,8	125,1	8,4
	30		8П2Б + Ос,ед.К	2,7	151,6	9,5
	35		8П2Б + Ос,ед.К	2,1	192,8	10,6
	40		8П2Б + Ос,ед.К	1,8	221,3	11,3
	50		7П2Б1Ос,ед.К	1,3	242,9	10,6
Березовый	25		9Б1Ос + П,ед.К	5,1	104,1	3,2
	30		9Б1Ос + П,ед.К	4,1	142,9	3,8
	35		9Б1Ос + П,ед.К	3,3	186,5	4,2
	40		9Б1Ос + П,ед.К	2,5	232,2	4,5
	50		9Б1Ос + П,ед.К	2,2	276,6	4,8
Осиновый	25	1	9Ос1П + Б,ед.К	2,8	187,2	5,6
		2	9П1Б + К,Ос	2,0	16,7	1,9
	30	1	9Ос1П + Б,ед.К	2,0	232,6	6,0
		2	9П1Б + К,Ос	2,1	21,6	2,3
	35	1	10Ос + П,Б,ед.К	1,5	294,6	4,9
		2	9П1Б + К	1,9	23,8	2,4
	40	1	10Ос + П,Б	1,3	328,0	5,0
		2	9П1Б + К	1,7	24,9	2,4
	50	1	10Ос + П,ед.Б	1,0	401,6	5,1
		2	9П1Б + К	1,3	19,9	1,9

В послерубочных фитоценозах травяного яруса насчитывался 41 вид трав, а через 25 лет после рубки фитомасса напочвенного покрова составляла от 0,5 до 0,9 т/га абс. сухого вещества. При дальнейшем развитии древостоев суммарная величина биомассы травяного покрова изменяется незначительно. За 10 лет только в березовом фитоценозе наблюдалось ее увеличение в 1,3 раза. Со временем в структуре травяных сообществ меняются соотношения биомассы отдельных видов [24].

## ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ВОДНОГО БАЛАНСА ПРИ ВОЗОБНОВЛЕНИИ ЛЕСОВ НА ВЫРУБКАХ

Как следует из литературных и наших данных, после сплошной рубки леса происходит перестройка водного баланса на водосборе. На вырубке выпадают некоторые расходные составляющие водного баланса — перехват осадков древесным пологом, транспирация древостоя. Уменьшение испарения, которое отмечается на вырубленных участках, прежде всего связано с резким уменьшением запасов фитомассы. Временной интервал, в течение которого величина суммарного испарения на вырубке достигает исходной величины (испарение, которое было до рубки), зависит от интенсивности зарастания вырубке. Как указывалось выше, развитие травяного покрова на вырубках в темнохвойных лесах Западного Саяна идет очень интенсивно.

На рис. 1 показано, как изменяется величина суммарного испарения по мере увеличения запасов фитомассы на экспериментальной вырубке. В первый год после рубки величина суммарного испарения составляла менее 50 % от суммарного испарения на невырубленной части водосбора (кедровник крупнотравно-папоротниковый, II класс бонитета, запас 300 м<sup>3</sup>/га). Через пять лет после рубки отмечается выравнивание величины суммарного испарения на вырубке и в лесу, что объясняется увеличением расхода влаги на транспирацию и испарение атмосферных осадков, задержанных растительностью.

Увеличение расхода влаги на транспирацию на вырубках происходит из-за нарастания фитомассы и высокой интенсивности транспирации тех видов травяно-кустарниковой растительности, которая поселяется на вырубках. Через шесть лет после рубки расход влаги на транспирацию растительным покровом на экспериментальной вырубке превышал транспирационный расход в лесу (табл. 2).

В первый год после рубки величина суммарного задержания осадков снизилась в 5,5 раза по сравнению с лесом и составляла менее 10 % от суммы выпавших осадков. На четвертый год после рубки доля задержанных осадков составляла 20 % от годовой суммы осадков, а через шесть лет — 26 %. В невырубленной части водосбора величина задержанных осадков в эти годы колебалась от 35 до 46 % (см. табл. 2). Испарение с почвы в первые годы увеличилось более чем в пять раз, но через шесть лет после рубки оно незначительно превышало величину испарения под пологом древостоя. Испарение со снега на экспериментальной вырубке за все годы наблюдений было выше, чем в лесу, в 1,5–2 раза, но от величины суммарного испарения оно составляло 10–12 % в первые годы и менее 5 % через шесть лет после рубки.

На основе экспериментальных водно-балансовых наблюдений [10–11], данных по динамике живого напочвенного покрова после рубки леса [22, 24] и приведенных в литературе зависимостей величины задержанных осадков от фитомассы [6–8] для производных фитоценозов нами рассчитаны расходы влаги на транспирацию и испарение осадков, задержанных кронами деревьев (табл. 3).

Расчеты показали, что суммарные расходы влаги на испарение на 8-летней вырубке и в коренном насаждении (кедровнике крупнотравно-папоротниковом, II класс бонитета, 220 лет, запас 300 м<sup>3</sup>/га) выравниваются за счет зарастания вырубке крупнотравьем. Через четыре года отмечается снижение суммарного испарения на вырубке по сравнению с лесом (рис. 2, а). Это связано с тем, что к 10–12-летнему возрасту на вырубках в куртинах лиственных молодняков проис-

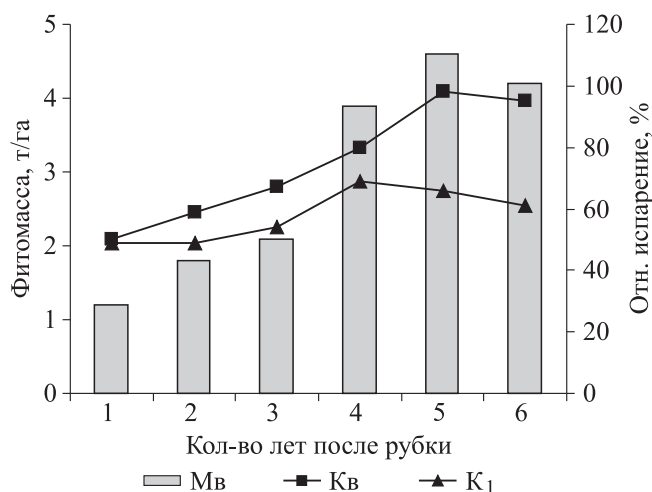


Рис. 1. Динамика фитомассы и испарения на экспериментальной вырубке, по [9, 11].

Мв — фитомасса травяного покрова на вырубке; Кв — отношение суммарного испарения на вырубке к суммарному испарению на контроле (кедровник крупнотравно-папоротниковый); К<sub>1</sub> — отношение суммарного испарения на вырубке к годовой сумме осадков.

Таблица 2

## Структура суммарного испарения на экспериментальной вырубке и в лесу\*

Объект исследования	Суммарное увлажнение, мм	Испарение, мм				
		транспирация	задержанных осадков	с почвы	со снега	суммарное
<i>1-й год после рубки</i>						
Вырубка	731	187	60	77	46	370
Лес		363	338	15	18	736
<i>2-й год после рубки</i>						
Вырубка	951	229	91	70	42	432
Лес		379	323	16	19	737
<i>3-й год после рубки</i>						
Вырубка	965	310	90	50	35	485
Лес		380	305	15	20	720
<i>4-й год после рубки</i>						
Вырубка	756	385	102	35	30	552
Лес		363	290	12	17	682
<i>5-й год после рубки</i>						
Вырубка	946	468	135	24	38	665
Лес		383	371	11	19	784
<i>6-й год после рубки</i>						
Вырубка	909	405	179	19	31	634
Лес		294	336	13	21	663

\* Контрольные наблюдения проводились на невырубленной части водосбора — кедровнике крупнотравно-папоротниковым (6К4П + Б, II класс бонитета, возраст кедра 220, пихты 110 лет, запас 300 м<sup>3</sup>/га).

Таблица 3

## Динамика суммарного испарения в ходе послерубочной сукцессии, по [9–11]

Фитоценоз	Кол-во лет после рубки	Испарение, мм					
		транспирация		задержанных осадков	с почвы	со снега	суммарное
		древостой, подлесок	напочвенный покров				
Травяно-кустарниковый (вырубка)	1	0	204	28	70	40	342
	3	0	315	56	50	40	461
	8	0	408	90	50	40	588
	12	40	352	90	30	30	542
Пихтовый	25	172	42	201	15	20	450
	30	227	66	295	15	20	623
	35	251	68	301	15	20	655
	40	245	45	209	15	20	534
	50	262	59	272	15	20	628
Березовый	25	154	51	115	19	30	369
	30	239	86	174	19	30	548
	35	216	68	201	19	30	534
	40	258	51	162	19	30	520
	50	345	86	236	19	30	766
Осиновый	25	178	51	111	15	30	385
	30	272	69	181	15	30	567
	35	248	51	198	15	30	542
	40	249	46	190	15	30	530
	50	369	89	237	15	30	740

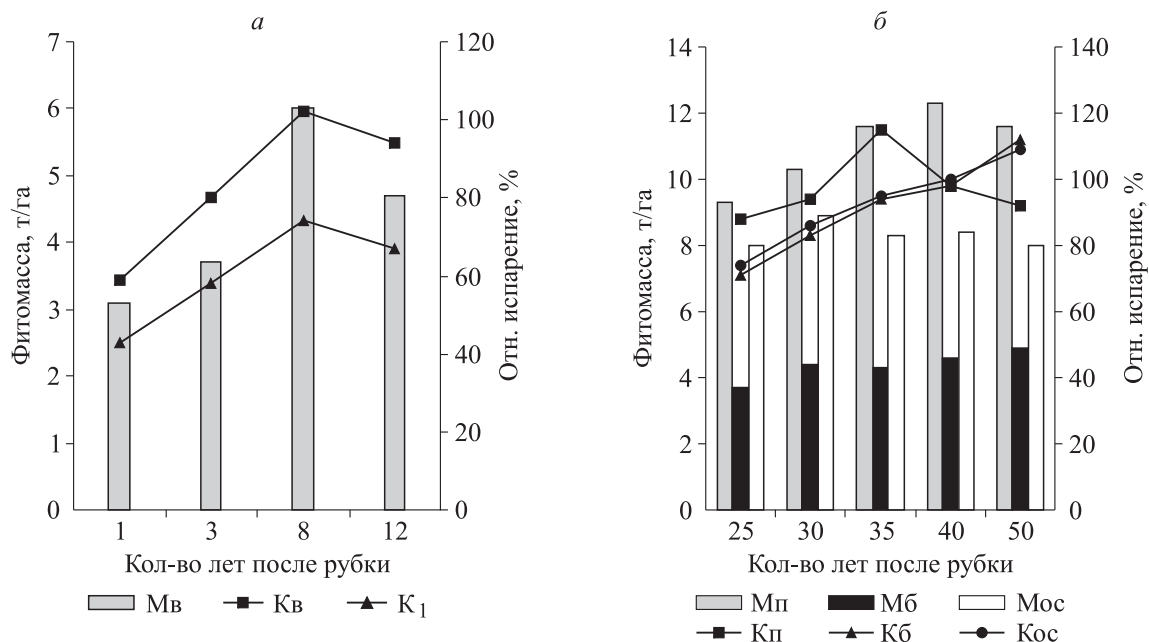


Рис. 2. Динамика суммарного испарения на вырубках (а) и в производных насаждениях (б).

Мв, Мп, Мб, Мос — фитомасса хвои (листвы) и травяного покрова на вырубке, в пихтовом, березовом и осиновом насаждениях, соответственно; Кв, Кп, Кб, Кос — отношение суммарного испарения на вырубках, в пихтовом, березовом и осиновом насаждениях к суммарному испарению в коренном насаждении, соответственно; К<sub>1</sub> — отношение суммарного испарения на вырубках, в пихтовом, березовом и осиновом насаждениях к суммарному испарению в коренном насаждении, соответственно.

ходит смыкание крон, снижаются проективное покрытие и запас фитомассы травяной растительности. Изменение коэффициента К<sub>1</sub> (отношение суммарного испарения к осадкам) на графике показывает, что несмотря на значительную вариабельность осадков по годам (670–940 мм) испарение на вырубках в значительной степени зависит от запасов транспирирующей фитомассы.

В 25-летних березовом и осиновом насаждениях прослеживается тенденция увеличения суммарного испарения (см. рис. 2, б). В древостоях 35–40 лет происходит выравнивание суммарного расхода на испарение с уровнем испарения в коренном древостое (кедровник, I класс бонитета, 240 лет, запас 514 м<sup>3</sup>/га). Через 50 лет после рубки темнохвойного древостоя на территории с возобновившимися лиственными породами теряется влаги на испарение на 16–20 % больше, чем в спелом кедровом лесу.

Несколько отличная картина наблюдается в пихтовом насаждении, сформированном из тонкомера и крупного подроста, сохранившегося после рубки. Пихтовый древостой в возрасте 65–70 лет (35 лет после рубки) тратит на испарение на 20–25 % (110–130 мм) больше влаги, чем лиственные фитоценозы, сформировавшиеся на 35-летней вырубке (см. рис. 2, б). Сравнивая расход влаги на испарение в пихтовом фитоценозе и 240-летнем кедровнике, следует отметить, что до 35 лет после рубки отмечается тенденция увеличения транспирационного расхода в пихтарнике, но в дальнейшем с возрастом древостоя наблюдается некоторое снижение величины суммарного испарения. Через 50 лет после рубки в пихтовом древостое суммарное испарение на 8,6 % меньше по сравнению с контролем.

В рассматриваемых производных древостоях не прослеживается четкой зависимости между величиной суммарного испарения и фитомассой листвы (хвои). В отличие от травяно-кустарниковых фитоценозов, сформировавшихся на вырубках, значительную долю в суммарное испарение древостоев вносят осадки, задержанные кронами деревьев. Как следует из литературных данных, величина осадков, задержанных кронами деревьев, зависит от породного состава, таксационного запаса, возраста, бонитета, сомкнутости крон и погодных условий [6, 7, 25–27].

Анализ структуры суммарного испарения в пихтовом фитоценозе показывает, что более 90 % от суммы испарения составляют транспирация и испарение задержанных осадков. Но в ходе послерубочной сукцессии меняется соотношение между расходом на транспирацию и испарением осадков, задержанных кронами. В молодых древостоях значительную долю в суммарном испарении составляет испарение задержанных осадков, с возрастом соотношение меняется в сторону расхода влаги на транспирацию (см. табл. 3).

Аналогичные изменения структуры суммарного испарения наблюдаются и в лиственных фитоценозах, только с другими соотношениями расходов на транспирацию и испарение задержанных осадков. В березовом и осиновом насаждениях основная доля расходной части водного баланса приходится на транспирацию. Через 50 лет после рубки темнохвойного древостоя производные березовый и осиновый фитоценозы тратят влаги на транспирацию почти в два раза больше, чем пихтовый, сформировавшийся из тонкомера и крупного подроста, сохранившегося после рубки (см. табл. 3). Это согласуется с литературными данными [13–14], которые указывают, что интенсивность транспирации осины и березы в 2–2,5 раза выше, чем пихты.

Вследствие того, что суммарный сток с небольшого замкнутого участка местности (вырубка, эталонный массив леса и т. п.) непосредственно измерить трудно, его, как правило, определяют по уравнению водного баланса. При этом предполагается, что для многолетнего периода изменение запасов влаги в почвогрунтах зоны аэрации и подземных (грунтовых) водах приближается к нулю [9, 16], поэтому суммарный сток рассчитывается как разница между осадками и суммарным испарением. В структуре водно-балансового цикла рассматриваемых фитоценозов, в том числе и коренных насаждений, наблюдается широкий диапазон стоковых характеристик (табл. 4). Это связано прежде всего с межгодовыми изменениями параметров увлажнения.

Для выявления динамики стока на разных этапах лесообразовательного процесса и роли производных фитоценозов в формировании стока мы анализировали две относительные величины: процентное соотношение между стоком в производных фитоценозах и в коренном древостое и отношение стока в рассматриваемых фитоценозах к годовой сумме осадков, т. е. коэффициент стока (см. табл. 4).

Таблица 4

Водно-балансовые характеристики исследуемых насаждений

Фитоценоз	Годы наблюдений	Кол-во лет после рубки	Осадки, мм	Суммарное испарение	Сток	К', %	K <sub>ст</sub>
				мм			
Травяно-кустарниковый (вырубка)	1963	1	802	342	460	204	0,57
		3		461	341	151	0,43
		8		588	214	95	0,27
		12		542	260	115	0,32
		Контроль		—	576	226	100
Пихтовый Березовый Осиновый Контроль	1975	25	770	450	320	110	0,42
		—		369	401	137	0,52
		—		385	385	132	0,50
		—		478	292	100	0,38
Пихтовый Березовый Осиновый Контроль	1980	30	921	623	298	102	0,32
		—		548	373	128	0,40
		—		567	354	122	0,38
		—		630	291	100	0,35
Пихтовый Березовый Осиновый Контроль	1985	35	845	655	190	68	0,22
		—		534	311	111	0,37
		—		542	303	109	0,36
		—		560	285	100	0,34
Пихтовый Березовый Осиновый Контроль	1990	40	697	534	163	95	0,23
		—		520	177	103	0,25
		—		530	167	98	0,24
		—		526	171	100	0,25
Пихтовый Березовый Осиновый Контроль	1998	48 (50)	940	628	312	125	0,33
		—		766	174	70	0,19
		—		740	200	81	0,21
		—		691	249	100	0,26

Примечание. В травяно-кустарниковом фитоценозе для контроля взят кедровник II класса бонитета, 220 лет, запас 300 м<sup>3</sup>, в остальных — кедровник I класса бонитета, 240 лет, запас 514 м<sup>3</sup>. Осадки определялись расчетным путем как средняя величина для черногового пояса (абс. выс. 350–700 м). К' — процентное соотношение между стоком в производных фитоценозах и коренным древостоем, K<sub>ст</sub> — отношение стока в фитоценозах к годовой сумме осадков.

Согласно полученным расчетам в первый год после рубки суммарный сток увеличивается почти в два раза по сравнению со значениями стока в ненарушенных насаждениях. Благодаря интенсивному зарастанию вырубок через 10 лет величина стока снижается и приближается к таковым значениям в коренных насаждениях. Через 12 лет после рубки, когда происходит смыкание крон молодняка, наблюдается некоторая тенденция увеличения стока.

Производные лиственные насаждения в возрасте 25 лет характеризуются максимальными значениями суммарного стока вследствие незначительных затрат на испарение. Через 40 лет после рубки сток в этих насаждениях достигает величины стока в не тронутых рубками древостоях, а к 50 годам намечается тенденция снижения стока. В пихтовом фитоценозе динамика суммарного стока за этот же период несколько иная, так как величина суммарного испарения в этом древостое определяется особенностями его структуры и возрастом пихты.

Анализируя отношение стока в производных фитоценозах к годовой сумме осадков ( $K_{ст}$ ) следует отметить, что в первые годы после рубки до 60 % от суммы осадков переходит в сток. При этом, как показывает анализ литературных данных [9, 12, 16, 27], после рубки увеличивается сток верхних водоносных горизонтов в основном за счет поверхностного склонового стока.

В 8–12-летних вырубках около 30 % от величины осадков тратится на сток. Это почти столько же, сколько и в коренном насаждении. Исходя из незначительной изменчивости показателя  $K_{ст}$  в производных пихтовых и лиственных фитоценозах за рассматриваемый период, можно заключить, что по стокоформирующим функциям коренные и производные леса, находящиеся в одинаковых физико-географических условиях, различаются незначительно.

Таким образом, проведенный анализ позволил выявить динамику лесогидрологических условий на вырубках и структуру водного баланса при разных типах возобновления после рубки темнохвойных лесов Западного Саяна. На 8–10-летних вырубках наблюдается восстановление структуры водного баланса, т. е. происходят выравнивание суммарного расхода влаги на испарение на вырубке и в коренном насаждении и стабилизация стока. Исследования показали, что в ходе восстановительных послерубочных сукцессий трансформация водного баланса связана с породным составом и особенностями возрастной структуры насаждения, с изменением транспирирующей фитомассы древостоя и подпологовой растительности.

Незначительные различия коэффициентов стока для производных фитоценозов и коренных кедровых древостоев при одинаковых условиях увлажнения указывают на идентичность их роли в формировании стока и относительно быстрое восстановление лесогидрологических условий на вырубках в черневой тайге Западного Саяна.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (07–05–00016).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сукачев В. Н., Дылис Н. В. Программа и методика биогеоэкологических исследований. — М.: Наука, 1966. — 332 с.
2. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. — М.: ВНИИЦлесресурс 1995. — Ч. 1. — 174 с.
3. Замолотчиков Д. Г., Уткин А. И., Коровин Г. Н. Конверсионные коэффициенты фитомасса/запас в связи с дендрометрическими показателями и составом древостоев // Лесоведение. — 2005. — № 6. — С. 73–81.
4. Швер Ц. А. Закономерности распределения количества осадков на континентах. — Л.: Гидрометеоздат, 1984. — 288 с.
5. Поликарпов Н. П., Чебакова Н. М., Назимова Д. И. Климат и горные леса южной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1986. — 225 с.
6. Грибов А. И. Задержание жидких атмосферных осадков березовыми древостоями Западного Саяна // Водный обмен в основных типах растительности СССР. — Новосибирск: Наука, 1975. — С. 279–283.
7. Онучин А. А. Высотно-поясные особенности трансформации твердых атмосферных осадков горными лесами Хамар-Дабана // Гидрологические исследования в лесах СССР. — Фрунзе: Илим, 1985. — С. 109–119.
8. Онучин А. А., Буренина Т. А. Моделирование пространственно-временного распределения осадков // Лесные экосистемы Енисейского края. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. — С. 50–54.
9. Лебедев А. В. Гидрологическая роль горных лесов Сибири. — Новосибирск: Наука, 1982. — 182 с.
10. Буренина Т. А. Динамика структуры водного баланса на вырубке среднегорного пояса Западного Саяна // Актуальные вопросы исследования лесов Сибири. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса и древесины СО АН СССР, 1981. — С. 19–20.
11. Буренина Т. А. Динамика восстановления лесогидрологических условий на экспериментальной вырубке Западного Саяна // Средообразующая роль лесных экосистем Сибири. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса и древесины СО АН СССР, 1982. — С. 106–114.
12. Лебедев А. В. Водный и тепловой балансы природных комплексов // Средообразующая роль лесов бассейна оз. Байкал. — Новосибирск: Наука, 1979. — С. 79–136.



13. Антипов А. Н., Антипова Н. Д. Транспирация растительности таежных биогеоценозов предгорий Западного Саяна // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. — 1975. — Вып. 46. — С. 55–62.
14. Бейдеман И. Н., Паутова В. Н. Водный режим растений на островах и берегах оз. Байкал и методика его изучения. — Новосибирск: Наука, 1969. — 387 с.
15. Протопопов В. В. Средообразующая роль темнохвойного леса. — Новосибирск: Наука, 1975. — 328 с.
16. Крестовский О. И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек. — Л.: Гидрометеоздат, 1986. — 119 с.
17. Буренина Т. А., Федотова Е. В., Овчинникова Н. Ф. Изменение водного баланса лесных территорий в связи с антропогенной трансформацией растительного покрова // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: Материалы Всерос. конференции с междунар. участием. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса СО РАН, 2009. — С. 237–239.
18. Ермоленко П. М., Юрасов Е. В., Овчинникова Н. Ф. Структура лесовозобновления на сплошных вырубках пихтарников в горнотаежном поясе Западного Саяна // Лесн. хоз-во. — 1993. — № 1. — С. 18–21.
19. Кузьмичёв В. В., Овчинникова Н. Ф., Ермоленко П. М. Восстановительная динамика темнохвойных лесов на сплошных вырубках в Западном Саяне // Лесн. хоз-во. — 2002. — № 6. — С. 22–24.
20. Овчинникова Н. Ф. Фитоценоотические особенности возобновления кедра и пихты сибирской в производных послерубочных лесах черного пояса Западного Саяна // Проблемы кедра. — Томск, 2003. — Вып. 7. — С. 127–134.
21. Овчинникова Н. Ф. Возобновительные процессы в производных лесах черного пояса Западного Саяна: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: — Красноярск, 2005. — 17 с.
22. Бабинцева Р. М. Динамика живого напочвенного покрова на вырубках кедровых древостоев в северной части Западного Саяна // Возобновление в лесах Сибири. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса и древесины СО АН СССР, 1965. — С. 148–162.
23. Ермоленко П. М., Овчинникова Н. Ф. Стационарные лесоводственные исследования в темнохвойных лесах Западного Саяна // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы. — Тула: Гриф и К°, 2001. — С. 221–224.
24. Овчинникова Н. Ф. Видовой состав и биомасса напочвенного покрова в производных фитоценозах черного пояса Западного Саяна // Чтения памяти А. П. Хохрякова: Материалы Всерос. науч. конференции. — Магадан: Ноосфера, 2008. — С. 206–209.
25. Грибов А. И. Средообразующая роль лесных экосистем юга Средней Сибири. — Абакан: Изд-во Хакас. ун-та, 1997. — 160 с.
26. Онучин А. А. Снежный покров в темнохвойных насаждениях Хамар-Дабана и зависимость снегозапасов от таксационных и биометрических показателей насаждений // Средоулучшающая роль леса. — Новосибирск, 1984. — С. 134–136. — (Ротапринт).
27. Onuchin A. A., Burenina T. A. Hydrological role of the Forest in Siberia // Trends in Water Res. — NOVA, 2008. — P. 67–92.

*Поступила в редакцию 2 марта 2010 г.*