

Изменение структуры влагооборота в связи с возрастной и восстановительной динамикой лесных экосистем

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

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28
E-mail: burenina@ksc.krasn.ru

АННОТАЦИЯ

На основе концепции о влиянии ландшафтной структуры на водный режим территории и на материалах космической съемки для бассейнов рек северного макросклона Западного Саяна выполнена ландшафтно-гидрологическая классификация природных комплексов и дана оценка их гидрологических функций. На фоне общих высотно-поясных закономерностей выявлены локальные особенности распределения водно-балансовых характеристик.

Ключевые слова: Западный Саян, коренные темнохвойные леса, производные леса, вырубки, данные дистанционного зондирования, ландшафтно-гидрологические комплексы, транспирация, водный баланс.

Из всех видов хозяйственной деятельности в бассейнах рек в лесных районах рубка и последующее восстановление лесов оказывают наиболее существенное влияние на изменение водного баланса и режима стока [1–3 и др.]. Изменение структуры влагооборота в процессе возрастных и восстановительных смен растительных сообществ изучалось в горной части водосборных бассейнов рек северного макросклона Западного Саяна – Кебеж и Тайгиш. Лесная растительность исследуемого района в своем распределении подчиняется закономерностям, обусловленным различной теплообеспеченностью почвы и воздушной среды по высотному профилю [4, 5]. В нижней части господствуют светлохвойные и хвойно-лиственные леса преимущественно из сосны, березы и осины. С абсолютной высоты 300–400 м начинаются темнохвойные леса. Определенным генотипам почв соответствуют свои группы типов леса [6]. В результате долговременного проведения промышлен-

ных лесозаготовок структура лесного покрова претерпела значительные изменения. Наиболее продуктивные темнохвойные древостои из кедра (*Pinus Sibirica* Du Tour.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) почти полностью вырублены. Восстановительная способность лесных экосистем Западного Саяна после рубки тесно связана с высотной поясностью и типологической характеристикой нарушенных насаждений [4, 7]. В зависимости от характера лесовосстановительных сукцессий наблюдается и своя специфика изменения водного баланса территории. Задача работы – оценить параметры водного баланса для конкретных растительных сообществ, которые выделены по данным дистанционного зондирования (ДЗ). По снимкам системы Landsat нарушенные рубками и коренные ненарушенные темнохвойные леса четко разделяются. Использование цифровой модели рельефа позволяет проводить гидрологическое и ландшафтное деление территории.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании использовали изображение Landsat ETM+ (снимок 6 июля 1999 г., пространственное разрешение 30 м, спектральные каналы 0,45–0,52, 0,52–0,60, 0,63–0,69, 0,76–0,90, 1,55–1,75 и 2,08–2,35 мкм). Определение обучающих выборок для классов лесной растительности осуществляли с привлечением многолетних данных полевых исследований и материалов лесоустройства Ермаковского лесхоза 1995 г. Разделимость обучающих выборок оценивали по расстоянию Джеффриса – Матусита [8], а классификацию проводили методом максимального правдоподобия.

С помощью цифровой модели рельефа формата SRTM в пределах горной части бассейнов рек Кебеж и Тайгиш выполнена дифференциация территории по высотным поясам с учетом лесорастительного районирования [6] и определена площадь, занимаемая каждым классом растительности в пределах каждого пояса.

Элементы водного баланса исследуемых речных бассейнов рассчитывали с учетом высотной поясности, а в пределах каждого пояса – ландшафтной дифференциации территории.

Суммарное увлажнение как для бассейна реки в целом, так и для отдельных высотных поясов определяли как средневзвешенную величину по методике Ц. А. Швер [9]. Метод сводится к планиметрированию площадей, ограничиваемых каждой парой соседних изолиний. Количество осадков рассчитывали по формуле

$$F_s = \frac{S_k}{S} \sum_1^m \frac{F_k + F_{k+1}}{2},$$

где F_k и F_{k+1} – числовые значения изолиний, S_k – площадь, ограничиваемая на карте изолиниями F_k и F_{k+1} ; m – число таких площадей; S – площадь всей территории.

Количество осадков X для высотных уровней (значения F_k и F_{k+1}) находили по графикам зависимости X от высоты местности [5].

Расход влаги на транспирацию и испарение осадков, задержанных пологом древостоя, рассчитывали для каждого класса согласно выполненной классификации данных ДЗ, а затем для каждого природного комп-

лекса и высотного пояса определяли средневзвешенную величину всех составляющих суммарного испарения.

Расход влаги на транспирацию определяли по формуле [10]:

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

где N – число транспирационных часов за расчетный период; I_k , i_k – интенсивность транспирации 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.

Для расчетов расхода влаги на транспирацию использовали данные по интенсивности транспирации древесной и травяно-кустарничковой растительности, полученные для коренных, производных насаждений и вырубок в лесах Западного Саяна [10–13]. Число транспирационных часов определяли по зависимости повторяемости осадков от их суммы, приведенной в работе А. В. Лебедева [10].

Запасы транспирирующей фитомассы древостоев определяли расчетным путем на основе таксационных характеристик выделов, которые использовались при определении обучающих выборок соответствующих классов растительности. Расчеты производили по входящим в состав древостоя породам через нахождение конверсионных коэффициентов по трехпараметрическому уравнению

$$K_f = aD^b H^c,$$

где D и H – средние диаметр и высота древостоя или элемента леса; a , b , c – параметры по основным лесобразующим породам [14].

Затем, учитывая K_f каждой породы, входящей в состав древостоя, находили средневзвешенный K_f выдела. Фитомассу определяли через запас ствольной древесины на 1 га и K_f выдела. В расчетах расхода влаги на транспирацию живым напочвенным покровом использовали данные по запасам фитомассы травяно-кустарничкового яруса и подлеска на вырубках, в производных и коренных лесах [12, 13, 15–17].

При оценке перехвата атмосферных осадков пологом леса использовали расчетные методы, основанные на зависимостях задержания атмосферных осадков от таксационных и биометрических характеристик древостоев

[16, 18]. Для определения величины испарения с почвы и снега использовали результаты экспериментальных исследований по изучению физического испарения на лесных и безлесных водосборах [10, 12, 13].

Суммарный сток определяли расчетным путем через уравнение водного баланса как разницу между осадками и суммарным испарением [1]. Для бассейна реки в целом и для отдельных высотных поясов сток рассчитывали как средневзвешенную величину:

$$Y = \sum Y_i f_i / 100,$$

где Y_i – сток отдельных ландшафтов водосбора; f_i – доля площади соответствующих ландшафтов от площади водосбора, %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ландшафтная дифференциация водосборов с точки зрения гидрологической однородности включает в себя прежде всего классификацию земной поверхности и разделение классов по их вкладу (функциям) во влагооборот водосборной площади. Для того чтобы оценить вклад внутрибассейновых ландшафтных структур во влагооборот изучаемых водосборов на мезомасштабном уровне, выделенные при обработке снимка Landsat классы лесной растительности сгруппированы до таких категорий, как вырубки, темнохвойные (ненарушенные, коренные) и смешанные (нарушенные рубками, производные) насаждения (рис. 1, А, Б).

Ландшафтная структура исследуемых водосборных бассейнов определяется их географическим расположением и особенностями орографии. В горной части бассейна р. Кебеж черневой пояс занимает 53 %, горно-таежный – почти 42 %, а тундрово-гольцовый и субальпийский пояса – всего 4 % площади. В горной части бассейна р. Тайгиш черневой и горно-таежный пояса занимают 44 и 38 % соответственно, а более 18 % площади водосбора приходится на тундрово-гольцовый и субальпийский.

Анализ ландшафтной дифференциации исследуемой территории показывает, что пространственную структуру растительного покрова определяют особенности лесовосстановительного процесса на вырубках в черневом и горно-таежном поясах. Наибольшая

мозаичность растительного покрова характерна для черневого пояса, так как процесс лесовосстановления на вырубках в черневых лесах имеет различную направленность. Формирующиеся насаждения характеризуются большим разнообразием в отношении породного состава, возраста и других лесотаксационных показателей, что отмечено в ходе наземных исследований [4, 7, 19].

В результате анализа данных ДЗ выявлено, что более 40 % от общей площади бассейна р. Кебеж и около 35 % от общей площади бассейна р. Тайгиш составляют производные леса, что отражает степень нарушенности коренных лесов в этих бассейнах. Наибольшей нарушенностью характеризуются леса черневого пояса: более 65 % от его площади занимают леса послерубочного происхождения. В горно-таежном поясе на долю производных лесов приходится 15–17 %.

Анализ возрастной структуры вторичных лесов показывает, что наиболее молодые древостои характерны для горно-таежного пояса, в черневом преобладают 40–50-летние насаждения. Это вполне согласуется с литературными данными: к концу 60-х гг. прошлого столетия наиболее доступные кедровые массивы в черневом поясе Западного Саяна были почти полностью вырублены [4, 7].

Исходя из концепции о взаимообусловленности ландшафтной и гидрологической территориальной структуры [20, 21], можно предположить, что мозаичность растительного покрова на северном макросклоне Западного Саяна, связанная с антропогенной трансформацией лесной растительности, влияет на внутрибассейновую дифференциацию гидрологических параметров. Подразумевая, что каждый природный комплекс имеет определенное гидрологическое содержание, мы посчитали возможным использовать для выделенных нами классов земной поверхности термин “ландшафтно-гидрологические комплексы” (ЛГК). Ниже рассматриваются функциональные и пространственные аспекты выделенных ЛГК в структуре водного баланса бассейнов рек Кебеж и Тайгиш.

Основным элементом в структуре водного баланса являются атмосферные осадки. Разнообразие орографических условий является причиной разделения территории гор Южной Сибири на отдельные районы, раз-

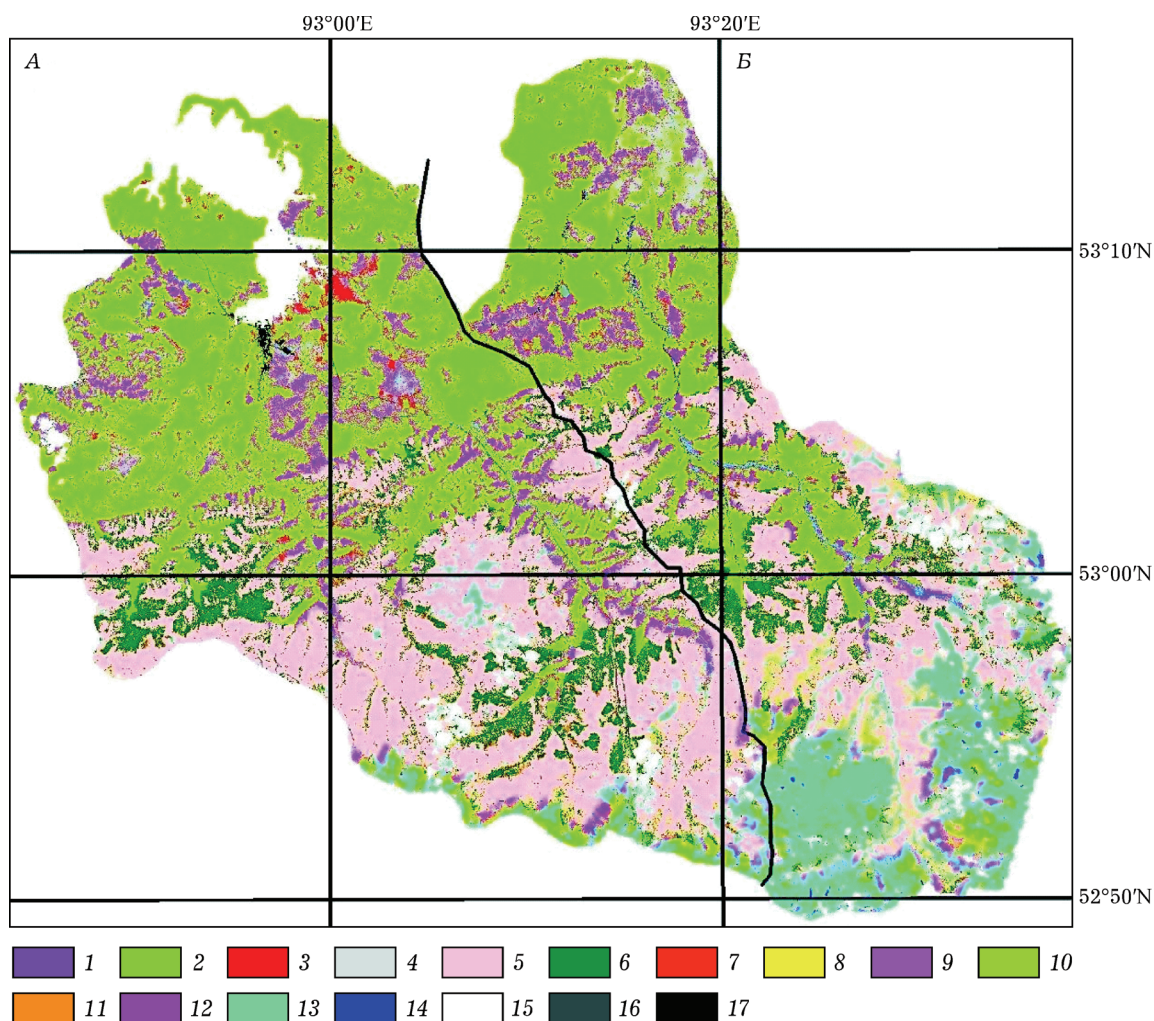


Рис. 1. Картограмма бассейнов рек Кебезь (А) и Тайгиш (Б): 1 – темнохвойные (коренные) леса черневого пояса; 2 – хвойно-лиственные (производные) леса черневого пояса; 3 – вырубки и гари черневого пояса; 4 – травяно-болотные комплексы черневого пояса; 5 – темнохвойные (коренные) леса горно-таежного пояса; 6 – хвойно-лиственные (производные) леса горно-таежного пояса; 7 – вырубки и гари горно-таежного пояса; 8 – травяно-болотные комплексы горно-таежного пояса; 9 – темнохвойные редколесья; 10 – кустарники и кустарнички; 11 – горные луга; 12 – ерники; 13 – каменистые россыпи; 14 – водные поверхности; 15 – облака и тени; 16 – дороги; 17 – населенные пункты

личающиеся как по годовому количеству осадков, так и по их вертикальным градиентам [22]. В различных ландшафтно-геоморфологических районах Западного Саяна вертикальные градиенты осадков изменяются по территории от 20 до 100 мм на 100 м высоты в зависимости от ориентировки склонов относительно направления влагонесущих ветров. На основании зависимости годовой суммы осадков от абсолютной высоты местности [5] и данных по осадкам метеостанций Григорьевка и Оленья Речка по методике Ц. А. Швер [9] рассчитаны средневзвешенные величины годовых осадков по высотным поясам и в це-

лом для бассейнов. Эти данные приведены в табл. 1 и 2.

Если приходная часть водного баланса (сумма осадков) зависит от общих географических закономерностей, то расходные составляющие водного баланса зависят от поступления тепла и ландшафтной структуры территории. Суммарное испарение как на лесных, так и на безлесных территориях водосборов складывается из следующих составляющих: транспирации, перехвата осадков растительностью, испарения с почвы и снега. Изменение суммарного испарения по высотным поясам связано с радиационным ба-

Т а б л и ц а 1
Составляющие водного баланса ландшафтно-гидрологических комплексов в бассейне р. Кебеж

Высотный пояс (осадки, мм)	Ландшафтный комплекс	Суммарное испарение, мм					Суммарный сток, мм
		Расход влаги на транспирацию		Испарение с почвы и снега*	Всего		
		древостоем	травяно- кустарничко- вым ярусом				
Тундрово-гольцовый (1470)	Гольцы	-	-	110	110	1360	
	Ерники	-	63	60	60	1347	
	Травяно-болотные	-	65	60	60	1345	
Средневышешенные величины по высотному поясу	Гольцы	-	-	110	110	1270	
	Кустарники и кустарнички	-	76	60	60	1170	
	Темнохвойные редколесья	43	81	156	40	1060	
Средневышешенные величины по высотному поясу	Горные луга	-	112	60	60	1198	
	Гольцы	-	-	110	110	1150	
	Редколесья и кустарники	-	76	74	60	1030	
Средневышешенные величины по высотному поясу	Темнохвойные леса	98	85	290	30	830	
	Хвойно-лиственные леса	84	110	148	45	637	
	Вырубки и гари	-	143	-	60	753	
Средневышешенные величины по высотному поясу	Травяно-болотные	-	98	-	60	937	
	Гольцы	-	-	110	110	982	
	Редколесья и кустарники	-	76	74	60	684	
Средневышешенные величины по высотному поясу	Темнохвойные леса	97	120	230	30	456	
	Хвойно-лиственные леса	87	138	130	45	110	
	Вырубки и гари	-	148	-	60	780	
Средневышешенные величины по высотному поясу	Травяно-болотные	-	103	-	60	680	
	Гольцы	-	-	110	110	413	
	Редколесья и кустарники	-	76	74	60	490	
Среднее по бассейну (1021)	Темнохвойные леса	97	120	230	30	477	
	Хвойно-лиственные леса	87	138	130	45	400	
	Вырубки и гари	-	148	-	60	682	
Среднее по бассейну (1021)	Травяно-болотные	-	103	-	60	727	
	Гольцы	-	-	110	110	405	
	Редколесья и кустарники	-	76	74	60	416	

* Здесь и в табл. 2 по: А. В. Лебедеву [10] и Т. А. Бурениной [12, 13].

Т а б л и ц а 2
Составляющие водного баланса ландшафтно-гидрологических комплексов в бассейне р. Тайгиш

Высотный пояс (осадки, мм)	Ландшафтный комплекс	Суммарное испарение, мм					Суммарный сток, мм
		Расход влаги на транспирацию древостоем	трансно- кустарничко- вым ярусом	Испарение осадков, задер- жанных крона- ми деревьев	Испарение с почвы и снега*	Всего	
Тундрово-гольцовый (1470)	Гольцы	-	-	-	110	110	1360
	Ерники	-	63	-	60	60	1347
	Травяно-болотные	-	65	-	60	60	1345
Среднезвешенные величины по высотному поясу Субальпийский (1380)	Гольцы	-	-	-	110	110	1358
	Кустарники и кустарнички	-	79	81	60	60	1160
	Темнохвойные редколесья	36	110	152	40	338	1042
Среднезвешенные величины по высотному поясу Горно-таежный (1140)	Горные луга	-	142	-	60	60	1178
	Травяно-болотные	-	98	-	60	60	1222
	Гольцы	-	-	-	110	110	1030
Среднезвешенные величины по высотному поясу Черновой (890)	Редколесья и кустарники	-	82	78	60	220	920
	Темнохвойные леса	95	85	286	30	496	644
	Хвойно-лиственные леса	76	90	146	45	357	783
Среднезвешенные величины по высотному поясу Среднезвешенные величины по высотному поясу	Вырубки и гары	-	147	-	60	207	833
	Травяно-болотные	-	98	-	60	158	982
	Гольцы	-	-	-	110	436	704
Среднезвешенные величины по высотному поясу Среднее по бассейну (1078)	Редколесья и кустарники	-	82	78	60	220	670
	Темнохвойные леса	106	120	238	30	494	396
	Хвойно-лиственные леса	96	138	126	45	405	485
Среднезвешенные величины по высотному поясу	Вырубки и гары	-	152	-	60	212	678
	Травяно-болотные	-	103	-	60	163	727
						404	486
						368	710

лансом территории, но в пределах каждого пояса величина испарения зависит от соотношения лесных и безлесных территорий, продуктивности фитоценозов. Одним из ведущих расходных элементов водного режима лесных экосистем в летний период является транспирация растительности. Установлено, что в темнохвойных лесах Западного Саяна интенсивность транспирации отдельных древесных пород зависит от их возраста, абсолютной высоты местности и температурного режима конкретного сезона [12, 13, 23]. Анализ литературных данных [10, 24, 25 и др.] показал, что расход влаги на транспирацию в большей степени зависит от величины транспирирующей фитомассы, чем от интенсивности транспирации.

Расход влаги на транспирацию растительных сообществ, принадлежащих к одному типу, различается для разных высотных поясов. В табл. 1 и 2 приведены средневзвешенные величины расхода влаги на транспирацию для растительных сообществ. Темнохвойные и производные хвойно-лиственные леса черневого пояса тратят влаги на транспирацию значительно больше, чем аналогичные растительные сообщества горно-таежного. Это связано как с поступлением большего количества тепла, так и с тем, что продуктивность лесов черневого пояса выше, чем горно-таежного.

Как указывалось выше, в черневом поясе рассматриваемых водосборных бассейнов более 65 % территории занято вторичными лесами, в составе которых значительную долю составляют березовые и осиновые. Вследствие значительных площадей, занятых производными лесами, и более высокой интенсивности транспирации лиственных пород удельный вес влаги на транспирацию этих древостоев в черневом поясе достигает 60–70 % от общего транспирационного расхода всеми растительными сообществами (рис. 2). В горно-таежном поясе до 80 % транспирационного расхода приходится на коренные темнохвойные древостои, в субальпийском поясе темнохвойные редколесья тратят на транспирацию 60–68 % от общего расхода влаги на транспирацию растительным покровом. В тундрово-гольцовом поясе транспирационный расход распределяется между ерниковыми зарослями и травяными сообществами.

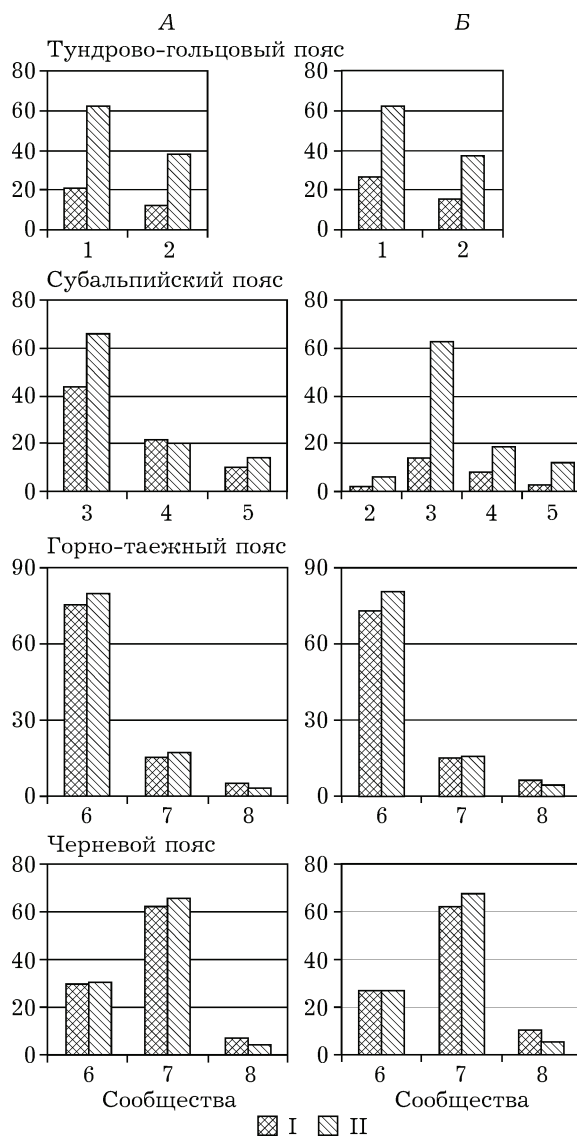


Рис. 2. Транспирационный расход растительных сообществ по высотным поясам в бассейне р. Кебеж (А) и р. Тайгиш (Б): 1 – ерники, 2 – травяно-болотные, 3 – темнохвойные редколесья, 4 – кустарники и кустарнички, 5 – горные луга, 6 – темнохвойные (коренные) леса, 7 – хвойно-лиственные (производные) леса, 8 – редколесья и кустарники, травяно-болотные, вырубki и гари; I – площадь растительных сообществ, % от площади высотного пояса, II – расход влаги на транспирацию, % от объема транспирационного расхода

Суммарное испарение включает в себя и испарение задержанных кронами деревьев осадков, и испарение с почвы и поверхности снега. Данные по задержанию жидких атмосферных осадков пологом древостоя указывают на увеличение количества задержанных кронами деревьев осадков с возрастанием

доли хвойных в составе насаждений. С увеличением запаса стволовой древесины перехват осадков резко возрастает, особенно в интервале от 20 до 150 м³ · га⁻¹, что связано с увеличением площади поверхности листьев и ветвей [26]. Лиственные породы задерживают значительно меньше снега, чем хвойные. В лиственных насаждениях коэффициенты снегозапасов близки к 1,0 [27].

В табл. 1, 2 приведены расчетные данные по испарению задержанных древесным пологом осадков, полученные на основании зависимостей, выявленных для регионов Южной Сибири [18, 28]. Наибольшие значения задержанных осадков характерны для насаждений горно-таежного пояса, где преобладают темнохвойные леса. В черневом поясе значительные площади заняты лиственными насаждениями, что отражается на величине испарения задержанных кронами деревьев осадков. Основными составляющими суммарного испарения в горно-таежном и черневом поясах, как показали расчеты, являются транспирация фитоценозов и испарение перехваченных ими жидких и твердых осадков. В лесных комплексах горно-таежного и черневого поясов эти две составляющие вместе дают 80–95 %. Соотношение расходов влаги на транспирацию и испарение задержанных осадков значительно различается для темнохвойных насаждений и производных хвойно-лиственных лесов.

В тундрово-гольцовом и субальпийском поясах Западного Саяна, согласно литературным данным и проведенным ранее исследованиям [10, 12, 13], со снега и поверхности почвы испаряется от 40 до 60 мм, что составляет от 30 до 60 % от суммарного испарения в данных ЛГК. На территориях, не покрытых растительностью, т. е. гольцах и каменистых россыпях, расход влаги на испарение включает только физическое испарение со снежного покрова.

По данным из литературы [29, 30], в горах, особенно в высокогорной части, потеря снеговой влаги на непродуктивное испарение происходит за счет ветровой активности. Величина испарения в гольцах и каменистых россыпях на северном склоне Западного Саяна рассчитывалась по разнице между фоновым количеством твердых осадков (метеостанция Оленья Речка) и снегозапасами на откры-

тых участках. Полученная средняя многолетняя величина расхода влаги на испарение для данных ландшафтно-гидрологических комплексов равна 110 мм, что согласуется с опубликованными данными для гор юго-восточного Прибайкалья [28].

На лесных участках исследуемых водосборов горно-таежного и черневого поясов расход влаги на испарение с почвы и снега в насаждениях не превышает 30–45 мм, что составляет небольшую долю в общем балансе влаги (6–12 %). На вырубках, гарях и прочих не покрытых лесом землях эта величина достигает 30 % от суммарного испарения (см. табл. 1, 2).

Полученные расчетные данные по суммарному испарению для различных ЛГК позволяют косвенным путем оценить их вклад в формирование стока в бассейне, так как формирование речного стока есть интеграция разнообразных водно-балансовых соотношений, характерных для ландшафтных комплексов данного водосбора. Для анализа стокоформирующей роли выделенных нами ЛГК по уравнению водного баланса рассчитывался сток (см. табл. 1, 2). При этом предполагалось, что для многолетнего периода не происходит изменения запасов влаги в почвогрунтах зоны аэрации и подземных (грунтовых) водах [1, 10 и др.], поэтому суммарный сток рассчитывался как разница между суммарным увлажнением и суммарным испарением данного участка водосбора.

Анализ полученных данных показывает, что максимальный слой стока (1042–1360 мм) приходится на ландшафтно-гидрологические комплексы тундрово-гольцового и субальпийского поясов. В горно-таежном и черневом поясах максимальным слоем стока характеризуются болотные комплексы и вырубки. На вырубках суммарный сток на 25–30 %, а в производных хвойно-лиственных лесах на 12–15 % выше, чем в коренных темнохвойных древостоях.

Рассчитанная нами средневзвешенная величина слоя стока в исследуемой части бассейна р. Кебеж составляет 605 мм, в бассейне р. Тайгиш – 710 мм. Эти различия объясняются тем, что значительная площадь бассейна р. Тайгиш расположена в тундрово-гольцовом и субальпийском поясах, где до 90 % выпадающих осадков расходуется на

Структура испарения и стока ландшафтных комплексов в бассейнах рек Кебеж и Тайгиш

Высотный пояс	Ландшафтный комплекс	Кебеж			Тайгиш		
		Площадь, тыс. га	Расход влаги на испарение, % от суммарного стока на водосборе	Сток, % от суммарного стока на водосборе	Площадь, тыс. га	Расход влаги на испарение, % от суммарного стока на водосборе	Сток, % от суммарного стока на водосборе
Тундрово-гольцовый	Гольцы	1,55	0,3	3,6	1,56	0,5	4,3
	Ерники	0,48	0,1	1,1	0,71	0,3	1,9
	Травяно-болотные	0,29	0,1	0,7	0,41	0,2	1,1
	Гольцы	0,50	0,1	1,1	7,68	2,4	19,7
Субальпийский	Кустарники и кустарнички	0,44	0,2	0,9	0,81	0,7	1,9
	Темнохвойные редколесья	0,88	0,8	1,6	1,14	1,5	2,4
	Горные луга	0,20	0,1	0,4	0,28	0,2	0,7
	Травяно-болотные	0	0	0	0,21	0,1	0,5
Горно-таежный	Гольцы	1,53	0,3	2,7	1,34	0,4	2,8
	Редколесья и кустарники	1,08	0,6	1,5	0,95	0,8	1,8
	Темнохвойные леса	31,81	39,4	34,3	19,45	38,0	25,2
	Хвойно-лиственные леса	6,35	5,7	8,1	4,06	5,7	6,4
Черневой	Вырубки	0,71	0,4	1,1	0,57	0,5	1,2
	Травяно-болотные	0,32	0,1	0,5	0,22	0,1	0,4
	Гольцы	0,41	0,1	0,5	0,31	0,1	0,5
	Редколесья и кустарники	0,26	0,1	0,3	0,27	0,2	0,4
	Темнохвойные леса	15,39	18,1	10,8	8,09	15,7	6,5
	Хвойно-лиственные леса	32,36	31,9	26,7	18,99	30,3	18,6
	Вырубки	1,84	0,9	2,1	1,60	1,3	2,2
	Травяно-болотные	1,59	0,6	2,0	1,22	0,8	1,8

формирование стока. Контролем для расчетного стока могут служить фактические данные по стоку, наблюдаемые на гидрологических постах. Для р. Кебеж средний многолетний сток за период 1948–2002 гг. составляет 564 мм. На р. Тайгиш отсутствует гидрологический пост, поэтому сравнение величин фактического и расчетного стока невозможно.

Основываясь на концепции ландшафтно-гидрологического подхода о пропорциональности вкладов ландшафтного стока в общий сток [3], рассчитывали объем стока для каждого ландшафтно-гидрологического комплекса и его долю от суммарного стока для всего водосбора (табл. 3). В бассейне р. Кебеж более 80 % стока формируется в лесных фитоценозах горно-таежного и черневого поясов, которые занимают почти 90 % площади водосбора. В бассейне р. Тайгиш в пределах этих высотных поясов занятая лесами площадь меньше и составляет 72 % от площади бассейна, а вклад ее в суммарный сток – только 65 %. Из этого следует, что основными стокоформирующими комплексами в бассейнах этих рек являются горные леса. При этом роль производных лесов как регуляторов стока весьма высока, но все же уступает коренным темнохвойным лесам. Несмотря на выравнивание суммарного расхода влаги на испарение в производных и коренных насаждениях и относительную стабилизацию стока, структура водного баланса, характерная для коренных кедровых древостоев, и их водорегулирующие функции даже через 40–50 лет после рубки леса не восстанавливаются полностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ландшафтная дифференциация водосборов рек Кебеж и Тайгиш с точки зрения гидрологической однородности позволила оценить роль различных ландшафтов в структуре водного баланса и в формировании речного стока. В ландшафтных комплексах тундрогольцового и субальпийского поясов до 90 % от выпавших осадков идет на формирование стока рек, тогда как в ненарушенных лесных фитоценозах – только 45–55 %. В производных лесах на формирование стока тратится 55–70 % от суммарного увлажнения. При этом наибольший вклад в суммарный

сток приходится на темнохвойные (32 %) и производные хвойно-лиственные (25 %) леса горно-таежного и черневого поясов. Несмотря на то что на вырубках формируется слой стока, значительно превышающий аналогичную величину в лесных фитоценозах, в настоящее время свежие вырубки в бассейнах Кебежа и Тайгиша вследствие их малых площадей не существенно влияют на структуру стока этих рек. Но ландшафтно-гидрологический анализ структуры водного баланса исследуемых водосборов показал, что рубки второй половины XX в. внесли значительные изменения в гидрологический режим их бассейнов. Даже через 40–50 лет после рубки леса структура водного баланса, характерная для коренных кедровых древостоев и их водорегулирующих функций, не восстанавливается полностью. Выполненные исследования показали возможность применения ландшафтно-гидрологического анализа в совокупности с материалами космической съемки и цифровой модели рельефа для получения количественных характеристик водного баланса, оценки стокоформирующей роли выделенных природных комплексов для районов с редкой сетью метеостанций и гидрологических постов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крестовский О. И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 119 с.
2. Федоров С. В. О влиянии вырубки леса на изменение элементов его водного баланса // Труды ГГИ. 1979. Вып. 258. С. 30–42.
3. Федоров В. Н. Оценка гидрологических функций ландшафтов на основе индикационных многопараметрических моделей водосбора // Ландшафтно-гидрологический анализ территорий. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. С. 92–108.
4. Поликарпов Н. П. Комплексные исследования в горных лесах Западного Саяна // Вопросы лесоведения. Красноярск: ИЛД СО АН СССР, 1970. Т. 1. С. 26–79.
5. Поликарпов Н. П., Чебакова Н. М., Назимова Д. И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 225 с.
6. Смагин В. Н., Ильинская С. А., Назимова Д. И. и др. Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. 336 с.
7. Ермоленко П. М. Формирование состава хвойно-лиственных молодняков на вырубках кедровников в черневом поясе Западного Саяна // Формирование и продуктивность древостоев. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. С. 53–70.

8. Дистанционное зондирование: количественный подход / под ред. Ф. Свейна, Ш. Дейвис. М.: Недра, 1983. 415 с.
9. Швер Ц. А. Закономерности распределения количества осадков на континентах. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 288 с.
10. Лебедев А. В. Гидрологическая роль горных лесов Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. 182 с.
11. Антипов Н. Д., Антипова А. Н. Транспирация растительности таежных биогеоценозов предгорий Западного Саяна // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1975. Вып. 46. С. 55–62.
12. Буренина Т. А. Динамика структуры водного баланса на вырубке среднегорного пояса Западного Саяна // Актуальные вопросы исследования лесов Сибири. Красноярск: Изд-во ИЛИД СО АН СССР, 1981. С. 19–20.
13. Буренина Т. А. Динамика восстановления лесогидрологических условий на экспериментальной вырубке Западного Саяна // Средообразующая роль лесных экосистем Сибири. Красноярск: Изд-во ИЛИД СО АН СССР, 1982. С. 106–114.
14. Замолодчиков 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.
15. Бабинцева Р. М. Динамика живого напочвенного покрова на вырубках кедровых древостоев в северной части Западного Саяна // Возобновление в лесах Сибири. Красноярск, 1965. С. 148–162.
16. Горбатенко В. М., Козлова Л. Н., Онучин А. А. Трансформация элементов водного баланса темнохвойными и светлохвойными лесными растительными формациями хр. Хамар-Дабан при различной облесенности водосборных бассейнов // Экологическое влияние леса на среду. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1977. С. 116–146.
17. Овчинникова Н. Ф. Видовой состав и биомасса напочвенного покрова в производных фитоценозах черневого пояса Западного Саяна // Чтения памяти А. П. Хохрякова: мат-лы Всерос. науч. конф. / отв. ред. А. Н. Беркутенко. Магадан: Ноосфера, 2008. С. 206–209.
18. 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.
19. Кузьмичев В. В., Овчинникова Н. Ф., Ермоленко П. М. Восстановительная динамика темнохвойных лесов на сплошных вырубках в Западном Саяне // Лесное хозяйство. 2002. № 6. С. 22–24.
20. Глушков В. Г. Вопросы теории и методы гидрологических исследований. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 416 с.
21. Географические исследования Сибири. Т. 3. Ландшафтная гидрология / под ред. А. Н. Антипова, А. В. Игнатова, В. В. Кравченко. Новосибирск: Академическое изд-во "ГЕО", 2007.
22. Грудинин Г. В., Коваленко А. К., Корытный Л. М. К вопросу о высотных градиентах осадков и температуры воздуха в предгорьях Западного Саяна // Изучение природы, хозяйства и населения Сибири. Иркутск, 1975. С. 74–75.
23. Судачкова Н. Е. Транспирация подроста кедра и пихты в северных отрогах Западного Саяна // Труды ИЛИД СО АН СССР. 1963. Т. 60. С. 36–45.
24. Бейдемман И. Н., Паутова В. Н. Основные направления в изучении водного режима у растений в природе // Водный обмен в основных типах растительности СССР. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. С. 3–25.
25. Погодаева Н. Н., Касьянова Л. Н. Гидрологическое значение расхода воды на транспирацию // Всесоюзное совещание по водоохранно-защитной роли горных лесов. Ч. 1. Красноярск, 1975. С. 62–64.
26. Онучин А. А., Буренина Т. А. Моделирование пространственно-временного распределения осадков // Лесные экосистемы Енисейского края. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. С. 50–54.
27. Рахманов В. В. Гидроклиматическая роль лесов. М.: Лесная пром-сть, 1984. 240 с.
28. Onuchin A. A., Burenina T. A. Hydrological role of the Forest in Siberia // Trends in Water Research. "NOVA", 2008. P. 67–92.
29. Дюнин А. К. Испарение снега. Новосибирск, 1961. 119 с.
30. Онучин А. А. Общие закономерности снегонакопления в бореальных лесах // Изв. АН. Сер. геогр. 2001. № 2. С. 80–86.

Change of the Structure of Hydrological Cycle in Connection with the Age and Recovery Dynamics of Forest Ecosystems

T. A. BURENINA, E. V. FEDOTOVA, N. F. OVCHINNIKOVA

*V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/28
E-mail: burenina@ksc.krasn.ru*

Basing on the concept of the effect of landscape structure on the water regime of territory and on the space survey data for the basins of rivers on the northern macro-slope of West Sayan, the landscape hydrogeological classification of natural complexes was made and evaluation of their hydrogeological functions was carried out. At the background of general altitudinal belt regularities, local features of the distribution of water balance characteristics were revealed.

Key words: West Sayan, native dark coniferous forests, second growth stands, forest logging, remote sensing data, landscape-hydrogeological complexes, transpiration, water balance.