

УДК 630*228

Р.П. Исаева, Ю.Ю. Копылова, Ю.В. Лебедев, Г.П. Макаренко
(Ботанический сад УрО РАН)

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДООХРАННО-ВОДОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ И ВОДООЧИСТИТЕЛЬНОЙ РОЛИ ЛЕСОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

Наибольшее количество научных работ по средоформирующей роли лесов посвящено их водоохранной, водорегулирующей и водоочистительной роли (в лесоводстве часто используется обобщающий термин – водоохранно-защитная роль леса, включающая его водоохранные, водорегулирующие и почвозащитные функции). Велико значение водоохранно-водорегулирующей роли лесов Уральского региона. Леса Урала расположены на огромной водораздельной территории, где рождаются большие реки. Здесь евразийский поверхностный и подземный стоки воды распределяются между Камско-Волжским, Печорским и Иртыш-Обским бассейнами. Существующие в настоящее время в лесном хозяйстве положения о выделении в структуре земель лесного фонда территорий и полос водохранных лесов означают лишь их определенный приоритет в данном качестве по сравнению с другими и не должны служить поводом для игнорирования водоохранной роли остальной лесной территории.

Водоохранная роль лесов выражается в приросте величины речного стока. В настоящее время методика оценки водоохранной роли лесов пока еще остается дискуссионной. Достоверная количественная оценка этой роли может быть получена после анализа всех величин прихода и расхода воды на лесопокрытой площади значительных территорий (анализа площадей только отдельных водосборных территорий недостаточно). Но уже известные знания о водоохранной роли лесов в определенных природных условиях можно считать достаточно убедительными. Так, В.В. Рахманов (1984) показал, что в европейской части России под влиянием увлажняющего и охлаждающего действия лесов на каждые 10% увеличения лесистости количество осадков в год возрастает до 0-9 мм. Исследованиями В.Н. Данилика (1977) на Урале установлено, что с изменением лесистости территории на 1% годовой сток рек соответственно изменяется на 1,0-1,9 мм (10-19 м³/га в год). На основании этих данных можно считать, что спелые хвойные леса при возрастании лесистости территории на 1 % увеличивают сток рек в среднем на 1,5 мм (15 м³/га в год).

Годовой прирост речного стока, м³/га, определяется по формуле

$$R_0 = P K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7, \quad (1)$$

где P – среднегодовой прирост речного стока в спелых, высокополнотных, высокобонитетных хвойных равнинных лесах при возрастании лесистости водосбора на 1 % в расчете на 1 га ($15 \text{ м}^3/\text{га}$ в год);

K_1 – лесистость водосбора, %;

K_2 – коэффициент, характеризующий рельеф водосбора;

K_3 – коэффициент, характеризующий заболоченность водосбора;

K_4 – коэффициент, характеризующий преобладающую породу деревьев в составе насаждения;

K_5 – коэффициент, характеризующий возраст насаждения;

K_6 – коэффициент, характеризующий полноту насаждения;

K_7 – коэффициент, характеризующий класс бонитета насаждения.

Значения коэффициентов даны В.Н. Даниликом (1977).

В табл. 1 приведены результаты расчетов по определению величины годового прироста речного стока в лесах Екатеринбургского лесокатастрового района Свердловской области (лесистость водосбора 42%, заболоченность в горных лесах 8%, в равнинных – 12%, средняя полнота хвойных насаждений – 0,66, лиственных – 0,72).

Таким образом, в данном районе среднегодовой речной сток на равнинных водосборах сосновые насаждения увеличивают максимально на 290, еловые – на $368 \text{ м}^3/\text{га}$, на водосборах в горных лесах – соответственно на 326 и $491 \text{ м}^3/\text{га}$. Интересно отметить, что по данным ВНИИЛМА (Пряхин, Николаенко, 1981) в условиях Нечерноземья разница в величине поверхностного стока лесных и безлесных участков достигает 1140 м^3 на 1 га в год (что может быть объяснено значительно большей лесистостью водосборов).

Общая величина годового прироста речного стока на конкретной территории определяется в первую очередь распределением площади лесов по породам и возрастной структурой древостоев. Так, в Екатеринбургском лесокатастровом районе распределение площади лесов по названным показателям приведено в табл. 2.

Общая величина прироста речного стока на лесопокрытой территории $\Delta R^1_{\text{о}}$, где находятся насаждения различных преобладающих пород деревьев, при условии использования данных табл. 1 (спелые насаждения) определяется по формуле

$$\Delta R^1_{\text{о}} = \sum_{i=1}^n R^1_{\text{oi}} (K_{\text{м}} S_{\text{м}} + K_{\text{ср}} S_{\text{ср}} + K_{\text{н}} S_{\text{н}} + K_{\text{с}} S_{\text{с}})_i, \quad (2)$$

где R^1_{oi} – годовой прирост стока для спелых насаждений i -й породы деревьев, соответствующий среднему для данного района классу бонитета;

K – коэффициент, характеризующий группу возраста древостоев ($K_{\text{м}} = 0,7$; $K_{\text{ср}} = 0,8$; $K_{\text{н}} = 0,9$; $K_{\text{с}} = 1$);

S – площадь насаждений соответствующей группы возраста.

Таблица 1

Средние удельные величины годового прироста речного стока и подземной составляющей в спелых насаждениях Екатеринбургского лесокадастрового района, м³/га в год

Преобладающая порода	Группа типов лесов	Годовой прирост, м ³ /га			
		Речной сток		Подземная составляющая речного стока	
		Горные леса	Равнинные леса	Горные леса	Равнинные леса
Сосна	Брусничная	-	267	-	719
	Ягодниковая	323	274	440	721
	Разнотравная	364	290	448	727
	Травяно-зеленомошная	-	267	-	719
	Сфагновая, травяно-болотная	-	193	-	693
Ель	Крупнотравно-приручьевая	462	336	467	743
	Сфагновая, травяно-болотная	-	276	-	722
	Разнотравная	491	368	473	754
	Травяно-зеленомошная	462	345	467	746
	Мшисто-хвощовая	421	322	458	738
Береза	Ягодниковая	191	159	413	680
	Разнотравная	229	172	421	685
	Мшисто-хвощовая	167	134	409	672
	Сфагновая, травяно-болотная	143	115	404	665
Осина	Разнотравная	215	172	418	685
	Травяно-зеленомошная	198	159	415	680

В результате расчетов установлено, что в Екатеринбургском районе, где площадь насаждений 938,8 тыс. га (горных 53%, равнинных 47%), а средний класс бонитета II,4 (условно одинаковый для всех пород деревьев) величина среднегодового прироста речного стока (благодаря наличию лесных насаждений) составляет 208670 тыс. м³, или в среднем на 1 га 222 м³.

Таблица 2

Распределение площади лесов по породам и группам возраста в
Екатеринбургском лесокадастровом районе Свердловской области
(леса лесного фонда)

Древесная порода	Площадь, тыс. га	Группы возраста насаждений					
		Молодняки		Средне-возрастные	Приспевающие	Спелые	Перестойные
		I класса	II класса				
Сосна	531,4	48,9	89,3	230,6	76,5	12,5	13,6
Ель	55,3	13,0	5,4	12,3	8,9	14,1	1,6
Пихта	14,1	1,8	6,5	3,8	1,1	0,9	0,1
Другие (Ли, К)	2,3	0,7	0,3	0,3	0,4	0,5	0,1
Итого хвойных	603,1	64,3	101,5	247,0	86,9	103,4	15,4
Береза	290,7	12,9	17,1	171,1	37,5	36,8	15,3
Осина	39,8	4,0	4,8	16,6	6,8	5,3	2,3
Другие лиственные	5,2	0,1	0,2	3,2	1,2	0,5	-
Итого лиственных	335,7	17,0	22,1	190,9	45,5	42,6	17,6
Всего	938,8	81,3	123,6	437,9	132,4	130,6	33,0

Примечание. Перечень лесхозов, входящих в Екатеринбургский лесокадастровый район (и в другие лесокадастровые районы Свердловской области), дан в Постановлении Правительства Свердловской области № 1276-ПП от 04.11.99.

В табл. 3 приведены данные о приросте речного стока, который составляет 2374 млн м³, благодаря наличию лесных насаждений на всей лесопокрытой территории Свердловской области.

Оценка водорегулирующей роли лесов большинством исследователей признается бесспорной. В литературе под водорегулирующими лесами понимаются те, которые снижают наводнения в периоды снеготаяния и ливней, повышают полноводность рек в меженный период, предотвращают заболачивание или содействуют лучшему дренажу почв, т. е. фактически все леса обладают водорегулирующими свойствами.

Значимость водорегулирующей роли лесов изменяется от наивысшей (класс I) до низкой (класс IV по Тюрину; класс VI по Данилику, 1977). Наивысшей и высокой значимостью водорегулирующей функции обладают леса по берегам рек, склонам лошин, на крутых и покатых склонах вдоль участков гидрологической сети, сосновые боры на сухих песчаных почвах, насаждения на песчаных наносах в поймах рек, высокополнотные елово-пихтовые насаждения (в том числе сомкнутые темнохвойные молодняки). В принципе для определения значений параметров водорегулирующей роли лесов необходимо установить зависимость ее характеристик от параметров перечисленных выше участков леса.

Таблица 3

**Экологические показатели водоохранно-водорегулирующей
роли лесов Свердловской области**

Лесокадастровый район		Годовой прирост			
		речного стока		подземной составляющей	
		всего, тыс. м ³	на 1 га, м ³	всего, тыс. м ³	на 1 га, м ³
1. Ивдель-Оусский се- веротаежный	Горный	204160	190	269000	258
	Равнинный	195400	162	511200	426
2. Серовский среднета- ежный	Горный	135360	180	183000	244
	Равнинный	115600	154	303700	405
3. Тавдинский	Среднетаежный	168800	173	438000	455
	Южно-таежный	179360	160	413700	420
4. Ново-Лялинский среднетаежный	Горный	72800	182	109600	274
	Равнинный	67400	152	135700	339
5. Нижне-Тагильский южно-таежный, горный		209700	212	293760	288
6. Алапаевский южно-таежный		144090	180	405340	473
7. Туринский		207870	216	479960	568
8. Красноуфимский широколиственно- темнохвойный, горный		213760	232	358470	315
9. Екатеринбургский южно-таежный	Горный	121450	243	231200	330
	Равнинный	87220	197	362600	518
10. Припышминский		250950	210	607200	552
Всего:		2373920	198	5195690	433

В качестве характеристики водорегулирующей роли лесов обычно используется среднегодовой прирост подземного (грунтового) стока. Его величина определяется, м³/га в год, по формуле

$$R_{\text{п}}^{(r)} = R_0 (C_1 - C_2) + K_0^1 \cdot C_1, \quad (3)$$

где R_0 – общая величина речного стока на не покрытой лесом территории, м³/га. Значение может определяться путем вычета из фактической средней величины годового стока прироста за счет наличия лесов. По данным А.В. Побединского (1979), средняя величина годового стока на реках Среднего Урала составляет от 205 мм (р. Лобва) до 456 мм (р. Усьва);

K_0^1 – годовой прирост речного стока за счет наличия лесов, м³/га, определяется по формуле (1);

C_1 ; C_2 – коэффициенты подземной составляющей речного стока соответственно для данной лесопокрытой территории и территории, не покрытой лесной растительностью (степная зона).

В табл. 1 приведены результаты расчетов по определению величины среднегодового прироста подземного стока в спелых насаждениях Екате-

ринбургского лесокадастрового района ($R_0 = 2500 \text{ м}^3/\text{га}$; для равнинных лесов $C_1 = 0,35$; $C_2 = 0,10$; для горных лесов $C_1 = 0,20$; $C_2 = 0,05$).

Таким образом, в данном регионе среднегодовые приросты подземной составляющей речного стока на равнинных водосборах за счет сосновых насаждений увеличиваются максимально на 727, в еловых – на $754 \text{ м}^3/\text{га}$, на водосборах в горных лесах – соответственно 448 и $467 \text{ м}^3/\text{га}$.

Общая величина прироста подземной составляющей речного стока на конкретной территории определяется по формуле, аналогичной (2). Расчетами установлено, что суммарная величина среднегодового прироста подземной составляющей речного стока на всей лесопокрытой территории Свердловской области составляет 5195 млн м^3 ; данные по отдельным лесокадастровым районам см. в табл. 3.

Для экономической оценки водоохранно-водорегулирующей роли лесов было проведено обоснование экономических эквивалентов соответствующим натуральным показателям – 1 м^3 воды. Были проанализированы известные подходы: рыночный подход, рентный принцип, альтернативная стоимость («замещающие затраты»), величина предотвращенного ущерба и новые в экономике природопользования - общая экономическая стоимость (включающая прямую стоимость использования), косвенная стоимость использования, стоимость отложенной альтернативы (потенциальная ценность), стоимость существования или неиспользования.

Экономическая оценка средоформирующих функций леса на основе рыночного подхода в настоящее время является наиболее активно обсуждаемой проблемой. Как с точки зрения трудности рыночного подхода к экономической оценке различных функций леса, так и вообще из-за трудностей такой оценки необходимо иметь в виду следующее положение. В будущем, даже самом ближайшем, средоформирующие функции станут активно вовлекаться в сферу экономических, в частности лесных, отношений через появление (осознание) дополнительных свойств и качеств, выражающихся главным образом во взаимосвязи водных ресурсов и водоохранно-водорегулирующей функции, через изменение приоритетов в удовлетворении потребностей общества.

Рента в оценке средоформирующих функций леса обуславливается их положительным влиянием на эффективность труда во всем общественном производстве на данной территории или в конкретных отраслях народного хозяйства. Сложность заключается в том, что эффект данной функции леса часто проявляется за пределами отрасли лесного хозяйства и там он не учитывается. Официально величина водной ренты по Областному закону Свердловской области составляет всего $6,5\text{--}7 \text{ коп./м}^3$. Ясно, что такая стоимость носит символический характер и не отражает истинной значимости воды.

По величине «замещающих затрат» возможно оценивать водоохранно-водорегулирующую роль лесов исходя из того, что лес, переводя значительную часть речного стока во внутриводосборный, обеспечивает аккумуляцию стока на данной территории и повышает ее водообеспеченность. При снижении лесистости территории может (и неизбежно) возникнуть дефицит водных ресурсов, что потребует строительства водохранилищ. В настоящее время средняя по России удельная балансовая стоимость гидроузлов составляет 87 коп./м³ зарегистрированного объема воды. Удельные же затраты на строительство новых водохранилищ, конечно, значительно выше. При оценке водоохранной роли лесов необходимо указывать соответствующую категорию водопользования. Обычно в расчет берут питьевое водоснабжение, а в качестве экономического эквивалента часто используют себестоимость водоподготовки. По данным статистики, величина затрат на очистку 1 м³ питьевой воды в различных районах (городах) Свердловской области составляет 1,03 руб./м³ (г. Серов) – 9,61 руб./м³ (г. Верхняя Пышма). Для сравнения – НПП «Кадастр» (г. Ярославль) использовал подобный эквивалент в размере от 3,25 руб./м³ до 4,8 руб./м³ (Рекомендации ..., 2000). Хильченко Н.В. (Черняев, Хильченко, 1992) рассчитывала водоохранную роль лесов в Свердловской области, исходя из общего объема водопотребления в 558 млн м³, а в качестве экономического эквивалента принимала величину увеличения затрат на водоподготовку в размере 50%. Бобылев С.Н. и др. (2001) стоимость водоохранной роли отождествляли со стоимостью промышленной очистной установки (принимали ее годовую приведенную стоимость равной 1 тыс. долларов и считали ее эквивалентной 11 га лесоболотного участка). Затратный подход был использован при оценке вариантов водоснабжения Нью-Йорка. Вариант, предусматривающий улучшение экосистемы на водосборной территории требовал затрат 1-1,5 млрд долларов; второй, полагающий строительство мощностей по фильтрации воды, требовал 6-8 млрд долларов капитальных затрат. Осознание водоохранной ценности природного ландшафта определило выбор первого варианта.

По величине предотвращенного ущерба часто оценивают водоохранную роль лесов. Так, Н.В. Хильченко (Черняев, Хильченко, 1992) на основе рассчитанных РосНИИВХОН масс загрязнений, попадающих в водные объекты Свердловской области, определяла водоохранную роль лесов с использованием сверхлимитной (штрафной) ставки платы за загрязнение.

Одним из современных способов определения стоимости природного блага является определение по опросным листам «готовности платить» населения за воду. Проведенные НПП «Кадастр» исследования определили эту величину в среднем равной 0,82 руб./м³ (Рекомендации ..., 2000).

Исходя из приведенного анализа при кадастровой оценке лесов Свердловской области в 1999 г. (Институт леса УрО РАН) была использована величина экономического эквивалента водоохранно-водорегулирующей и водоочистительной роли лесов в интервале от 1,1 руб./м³ (леса травяно-болотной группы типов леса в Ивдель-Оусском районе) до 4,2 руб./м³ (леса разнотравной группы типов леса в Екатеринбургском районе). В заключение по обоснованию экономических эквивалентов водоохранно-водорегулирующей роли лесов нужно отметить, что здесь очень важно опираться на менее формализованное в экономическом плане понимание истинной ценности воды в природе. Поэт, прозаик и переводчик И. Шкляревский (1993) в экологическом этюде отметил, что вода есть только на Земле, роса – наше сокровище, они конечны и невозпроизводимы.

Используя названные выше экономические эквиваленты водоохранно-водорегулирующей роли лесов, годовой экономической эффект данной функции на лесопокрытой площади Екатеринбургского лесокадастрового района определили в размере $(231200 + 362600) \cdot 3,6 = 2137680$ тыс.руб., а всех лесов Свердловской области – $11 \cdot 10^9$ руб.

В настоящее время как в методических разработках, так и в научных исследованиях природные объекты с длительным временем существования оцениваются за значительно продолжительный период, т.е. с учетом фактора времени. Учет фактора времени заключается в приведении в сопоставимый вид сегодняшних и будущих экономических показателей – это операция дисконтирования.

Обоснование формулы определения дисконтированной величины долговременного эффекта средоформирующих функций лесов дано в статье Ю.Ю.Копыловой, помещенной в настоящем сборнике.

Результаты расчетов кадастровой стоимости водоохранно-водорегулирующей роли лесов Среднего Урала приведены в табл. 4; они вошли в состав суммарной кадастровой стоимости лесов Свердловской области от 4.11.99 № 1276-ПП.

Таблица 4
Кадастровая стоимость водохранно-водорегулирующей роли лесов Свердловской области, тыс.руб./га

Группа типов леса	Лесокадастровый район																			
	Ивдель-Оусский		Серовский		Тавлинский		Ново-Лытинский		Нижне-Тагильский		Ала-паевский		Турунский		Красноуфимский		Екатеринбургский		Припышминский	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
С о с н а																				
Разнотравная	-	-	-	-	-	13,3	9,7	19,5	13,6	8,5	9,7	12,6	21,4	15,0	22,8	14,0	-	-	-	-
Ягодниковая	7,0	13,5	9,1	14,5	10,2	12,3	8,1	18,1	19,9	9,7	10,5	11,8	21,4	14,0	22,0	13,6	-	-	-	-
Брусничная	6,5	12,8	8,1	13,9	10,0	-	-	-	-	-	-	11,8	-	12,5	20,6	11,6	-	-	-	-
Мшисто-хвошвая	5,8	11,5	7,3	12,7	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	8,8	13,9	-	-	-	-	-
Сфагновая, травяно-болотная	3,5	4,7	4,1	5,2	3,2	3,5	4,4	5,8	5,8	4,4	4,4	0,6	5,1	5,4	10,4	-	-	-	-	-
Травяно-зеленомошн.	-	14,2	-	15,8	-	-	6,2	18,1	-	-	9,7	-	-	-	-	12,9	-	-	-	-
Е л ь																				
Ягодниковая	7,1	-	-	-	10,1	-	8,3	12,9	19,5	9,3	9,1	-	19,9	11,9	20,2	-	-	-	-	-
Разнотравная	-	-	6,6	-	-	10,6	8,3	12,9	19,5	9,3	9,1	-	19,9	11,9	20,2	-	-	-	-	-
Травяно-зеленомошн.	6,4	10,8	6,8	11,3	9,6	10,1	7,4	12,3	18,0	8,7	8,3	-	19,6	11,0	19,8	-	-	-	-	-
Крупнотравно-приручейная, липняковая	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,9	18,8	9,6	15,3	12,8	-	-	-	-
Мшисто-хвошвая	5,7	9,1	6,3	9,8	5,4	6,8	5,4	10,0	12,3	5,7	6,9	7,0	-	7,4	12,3	15,0	-	-	-	-
Сфагновая, травяно-болотная	4,0	7,0	4,5	3	4,6	-	4,5	8,6	-	-	4,0	4,8	-	-	-	4,3	-	-	-	-

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
							Б е р е з а										
Разнотравная	-	-	-	-	-	9,2	9,0	14,7	15,7	8,6	8,6	9,5	14,7	10,7	16,0	10,1	
Травяно-зеленомошн.	3,7	8,6	5,7	9,0	6,8	8,3	7,3	9,7	0,2	6,8	6,5	8,5	11,4	-	-	9,7	
Ягодниковая	4,2	9,8	6,2	10,3	7,0	8,7	-	14,7	-	-	-	-	-	9,7	14,6	-	
Мшисто-хвошковая	3,0	6,8	3,0	6,5	6,7	-	-	7,6	9,3	2,9	3,3	6,2	10,5	6,2	10,5	-	
Сфагновая, травяно-болотная	1,9	-	-	-	3,2	4,0	3,3	7,6	9,3	2,9	3,3	3,2	-	3,9	7,3	3,6	
							О с и н а										
Разнотравная	-	6,2	3,9	5,9	5,9	6,7	5,2	9,8	9,8	6,2	5,7	6,7	9,3	6,8	12,4	6,6	
Травяно-зеленомошн.	3,0	6,3	-	7,0	5,3	-	-	5,9	8,5	4,8	-	5,6	6,3	6,7	10,7	5,7	

Библиографический список

Бобылев С.И., Сидоренко В.Н., Лужецкая Н.В. Экономические основы сохранения водно-болотных угодий. М., 2001. 56 с.

Данилик В.Н. Классификация горных и темно-хвойных лесов Урала по их водоохранно-защитной роли // Леса Урала и хозяйство в них. Вып.10. Свердловск, 1977. С. 3-15.

Побединский А.В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. М., 1979. 174 с.

Пряхин В.Д., Николаенко В.П. Пригородные леса. М., 1981. 196 с.

Рахманов В.В. Гидрогеологическая роль лесов. М., 1984.

Рекомендации по денежной оценке ресурсов и объектов окружающей среды: адаптация к условиям России методов эколого-экономического учета ООН / Госкомэкология России. Ярославль, 2000. 76 с.

Черняев А.М., Хильченко Н.В. Экономические проблемы оптимального водопользования // Экологические проблемы природопользования, Екатеринбург, 1992. С.14-18.

Шкляревский И. Живем в одуванчике // Советские писатели о жизни и мире. М., 1993. С. 56-62.

УДК 630*416.3

А.С. Чиндяев, А.Н.Грозин

(Уральский государственный лесотехнический университет)

СТЕПЕНЬ ПОДТОПЛЕНИЯ КОРНЕЙ ПОДРОСТА ЕЛИ В ОСУШАЕМЫХ БОЛОТНЫХ ДРЕВОСТОЯХ

Под термином «степень подтопления», или «интенсивность затопления», понимается длительность затопления (в днях) того или иного относительного количества корней (в процентах от всех или от какой-нибудь одной из фракций) (Вомперский, 1968). Расчет подтопления основывается на данных распределения корней по профилю почвы и сезонной динамики глубины залегания почвенно-грунтовых вод.

Наши исследования выполнены на стационаре «Мостовое» (Чиндяев, Иматов, Матвеева, 1995; см. также наши статьи в данном сборнике, где изложены условия опытных работ).

Для изучения было выкопано более 80 экземпляров подроста ели. Полная раскопка исследуемых растений производилась по методу скелета (Колесников, 1972) на всю глубину залегания корневых систем.

Расчет продолжительности затопления того или иного количества корней у подроста ели всех групп высот на разном удалении от осуши-