

ково-пушицево-сфагновые, бонитет соснового древостоя  $V^b$ ; 4) переходные осоково-багульниково-сфагновые, древостой сосны с участием березы пушистой  $V^a$  бонитета; 5) переходные осоково-травяно-багульниково-сфагновые, древостой сосны с участием березы пушистой  $V$  бонитета; 6) низинные травяно-сфагновые, древостой сосны с участием березы пушистой, ольхи черной, осины, ели  $IV-V$  бонитетов; 7) осоково-травяные, древостой ольхи черной, березы, ели  $I-III$  бонитетов.

В настоящей статье изложены результаты исследований лесных насаждений, сформированных после осушения и вырубки древостоя. Давность осушения 65 лет. Рубка леса произведена спустя 5–7 лет после осушения. Болото было осушено экстенсивно: редкими канавами. Расстояние между канавами 1 км. Мощность торфа более 300 см. Через 65 лет каналы, хотя и обмелели и заилились, но находились в рабочем состоянии. Однако уровень грунтовых вод в период исследований был довольно высок (табл. 1). Судя по степени разложения торфа, на расстоянии от канавы до 100 м уровень грунтовых вод в первые годы после осушения был ниже. С удалением от канавы на 100 м и более уровни грунтовых вод и степень разложения торфа близки к таковым на неосушенных болотах. Бонитет соснового древостоя до осушения был  $V^a$ , что установлено по отдельным сохранившимся деревьям 120–140-летнего возраста.

Как видно из табл. 1, бонитет и полнота леса соответствуют уровню грунтовых вод и расстоянию от канавы. Произошла смена сосновых древостоев после их рубки на березу. И только вблизи канавы преобладает ель. Можно полагать, что после осушения произошло возобновление ели под пологом леса, на что указывает более высокий возраст ели. В соответствии с интенсивностью осушения изменился и травяно-моховой покров (табл. 2).

Вблизи канавы практически нет сфагновых мхов, произошла их замена на зеленые мхи. Здесь сформировался зеленомошно-черничный покров. Отмечено значительное участие осоки черной. На расстоянии 100 м от канавы сфагновые мхи деградировали, но сохранились в небольшом количестве, не создают сплошного ковра, растут небольшими группами по понижениям. На расстоянии 200 м от канавы при среднем уровне грунтовых вод 30 см в течение вегетационного периода сохранились сплошной сфагновый покров, пушица и клюква. За счет увеличения запаса древостоя биологическая продуктивность травяно-мохового покрова снизилась в 5–8 раз.

УДК 630\*114.12

Л.П.СМОЛЯК, К.Ф.САЕВИЧ, М.А.ГОЛЬБЕРГ

## ПАРАМЕТРЫ ФИЗИЧЕСКОГО ИСПАРЕНИЯ ИЗ ПОЧВЫ В ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ И В ПОЛЕ

Лесоводственная и лесогидрологическая литература по вопросу снегозадержания кронами деревьев осадков в лесу весьма обширна. Много сведений о суммарном испарении лесом. Но недостаточно изучено физическое испаре-

ние из почвы в лесу, на лугах, сельскохозяйственных полях, болотах, что затрудняет водно-балансовые расчеты.

Исследования проводились в однородных условиях на супесчаной почве на двух участках: полевая метеорологическая площадка водобалансовой станции (ВБС) Городище (открытая поляна с преобладанием злакового разнотравья) и лесная метеорологическая площадка (кв. 50 Центрального лесничества Негорельского учебно-опытного лесхоза).

Таксационная характеристика древостоя на лесной метеорологической пробной площади: тип леса — сосняк мшистый; состав — 10 Сед.; Б; возраст — 60 лет;  $H_{cp}$  — 22,1 м;  $D_{cp}$  — 21,9 см; число стволов — 730 шт/га; сумма площадей сечений — 27,8 м<sup>2</sup>; полнота — 0,9; запас — 282 м<sup>3</sup>; бонитет — I.

Подрост в данных условиях слагают ель, береза, осина; подросток представлен крушиной, рябиной, можжевельником.

Травяной покров на водобалансовом участке представлен злаками.

Взятие почвенных монолитов в испарители производилось 1 раз в месяц 26 числа, взвешивание испарителей — 18–20 раз в месяц: утром (в 7–8 ч по летнему времени) 1, 2, 6, 7, 11, 12, 16, 17, 21, 22, 26, 27 числа и вечером (с 21 до 22 ч) 1, 6, 11, 16, 21, 26 числа.

Влажность почвы (9–10 образцов с изучаемого горизонта) определялась 1, 6, 11, 16, 21, 26 и 8, 18, 28 числа в соответствии с планом агротехнических работ на ВБС Городище.

Метеорологические работы и наблюдения осуществлялись по плану работ на 1984 г. согласно Наставлению метеорологическим станциям и постам.

Наблюдения за испарением производились одновременно: по трем микроиспарителям (с приемной поверхностью 63 см<sup>2</sup>) в поле, шести в лесу и двум испарителям ГГИ-500-50 на ВБС Городище в сроки, определенные Руководством по производству наблюдений над испарением с почвы и снежного покрова. Микроиспарители взвешивались на технических весах, а также весах ВЛТ-500 с точностью до 0,1 г.

ГГИ-500-50 взвешивались на весах ВЛТ-500. Во время взятия почвенных монолитов и их взвешивания замерялся уровень грунтовых вод в скважинах, а также приход солнечной радиации на открытом месте и под пологом древостоя. Если в день взвешивания монолитов шел дождь, то взвешивание производилось сразу после дождя.

Травяно-моховой покров представлен в основном зелеными мхами, из трав преобладают папоротник-орляк, земляника, брусника, плауны, ястребинка волосистая, черника.

При изучении физического испарения из почвы нами использованы микроиспарители — алюминиевые сосуды диаметром 9 см, глубиной 8 см. Это дало возможность изучать испарение в разнообразных условиях в лесу и поле: в микрофитоценозах мхов, трав, в тени деревьев, солнечных бликах, открытых местах. Исследования проводились в течение вегетационного (бесснежного) периода 18–20 раз в месяц 6 раз в сутки. Сосуды взвешивались на весах ВЛТ-500 с точностью до 0,1 г. Возможность использования микроиспарителей определялась сравнением с показателями стандартного испарителя ГГИ-500-50.

В статье сравниваются данные по почвенному испарению за периоды без выпадения осадков, так как конструкция микроиспарителя не предусмат-

Таблица 1. Интенсивность испарения

Период наблюдений	Испарение по микроиспарителям, мм	
	поле	лес
1–6/V	2,9	1,1
6–11/V	1,7	1,0
16–21/V	6,7	1,3
6–11/VI	5,2	2,2
2–7/VII	2,7	0,7
16–21/VIII	2,9	2,1
22–26/X	2,3	1,1

ривает стока воды через монолит и дно испарителя. Согласно данным, полученным по ГГИ-500 и микроиспарителям, установленным в поле, рассчитано уравнение прямолинейной регрессии:  $y = 0,606x + 0,488$ , где  $y$  — испарение по ГГИ-500-50, мм,  $x$  — по микроиспарителям.

Взаимосвязь между испарением по двум названным способам характеризуется высоким коэффициентом корреляции ( $r = 0,894$ ). Это подтвердило возможность получения величины испарения в лесу по микроиспарителям.

Проведенные исследования показали, что режим и суммарное испарение в значительной степени определяются особенностями испаряющей поверхности, в рассматриваемом случае — почва под пологом сосняка мшистого и почва на открытом месте. Так, испарение в лесу в сравнении с пологом в соответствии с данными, полученными в 1983 г. по микроиспарителям, изменялось на протяжении вегетационного периода от 20 до 70 % и в среднем составило 43 % (табл. 1).

В 1984 г. испарение под пологом леса составило 39 % испарения в поле.

Наибольшее испарение было отмечено в декады, характеризующиеся большим выпадением осадков и сравнительно высокими температурами воздуха. Так, во II и III декадах мая и июня количество выпавших осадков было близко к месячной норме.

Испарение из почвы в названные и следующие за ними декады (июль) в 1983 г. было также сравнительно высоким (17,3–32,8).

Следует отметить, что наблюдается совпадение периодов повышения относительной влажности и испарения.

Зная суммарное испарение по декадам и месяцам, а также соотношение суммарного испарения в лесу и поле по микроиспарителям (43 и 39 %), мы получили данные по испарению на лесной метеорологической площадке в условиях сосняка мшистого (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что суммарное испарение почвенной влаги на открытом месте более чем в 2 раза превышало испарение под пологом древостоя на лесной метеорологической площадке.

Испарение за вегетационный период 1983 г., согласно данным, полученным по испарителям ГГИ-500-50, составило 317 мм, за 1984 г. — 200 мм, или 70 % от предыдущего года.

В лесу в условиях сосняка мшистого за 1983 г. влаги испарилось 135 мм, за 1984 г. — 87 мм, или 65 %. Это связано с различными погодными условия-

Таблица 2. Испарение за вегетационный период 1983/84 года на полевой и лесной метеорологических площадках

Месяц	Среднемесячные значения основных метеозлементов на открытом месте				Испарение, мм											
	температура воздуха, °С	относительная влажность воздуха, %	скорость ветра, м/с	осадки, мм	полевая площадка			лесная площадка			за месяц	за декада	за декада	за декада	за декада	за декада
					I декада	II декада	III декада	I декада	II декада	III декада						
Май	15,5 14,2	73 73	1 1,7	63,5 63,9	7,0 3,9	21,7 18,7	24,8 8,6	53,5 31,2	3,0 1,5	9,3 7,3	10,6 3,4	22,9 12,2				
Июнь	15,1 13,7	73 81	2 1,8	98,6 81,4	7,4 15,9	17,3 15,4	32,8 18,1	57,5 49,4	3,1 6,2	7,1 6,0	14,1 7,1	24,6 19,3				
Июль	16,9 15,2	80 79	2 1,8	50,9 53,2	32,0 14,2	21,9 4,5	16,9 17,8	70,8 36,5	14,0 5,5	9,4 1,8	7,2 6,9	29,6 14,2				
Август	16,8 15,8	71 74	1 1,4	13,2 18,9	15,2 17,0	4,7 10,5	8,0 15,0	27,9 42,5	6,5 6,6	2,0 4,1	3,4 5,9	11,9 16,6				
Сентябрь	13,6 12,1	74 84	2 1,8	82,9 79,7	3,6 12,0	9,7 9,5	73,1 8,3	86,4 29,8	1,5 4,7	4,1 3,7	3,4 3,2	37,0 11,6				
Октябрь	7,0 7,3	82 83	2 2,4	32,5 31,4	9,1 13,3	4,5 12,0	7,7 5,9	21,3 31,2	3,8 5,2	1,9 4,7	3,3 3,5	9,0 13,4				
Итого...				341,6				317,4 220,6				135,0 87,3				

Примечание. Уровень грунтовых вод понижился за этот период на лесной площадке с 435 до 555 см; на полевой — с 370 до 490 см (1983). В числителе — испарение днем, в знаменателе — ночью.

ми за сравниваемые годы. Среднемесячные температуры с мая по октябрь в 1983 г. были выше на 1–1,7 °С. Однако в августе 1984 г. при более низкой среднемесячной температуре (см. табл. 2) влаги испарилось 42,5 мм, а в 1985 г. — 27,9 мм. Наибольшие различия (примерно в 2 раза) в интенсивности испарения и количестве выпавших осадков совпадали (в 3–4 раза). Это указывает на зависимость процессов испарения от количества выпавших осадков и влажности поверхностных слоев почвы.

Интенсивность испарения днем значительно превышает интенсивность испарения ночью. В некоторых случаях в результате конденсации паров и образования росы масса испарителей утром превышает их массу вечером.

Испарение на полевой площадке ночью составило в среднем (за сутки без выпадения осадков) 0,2 мм, или 15 % испарения за день (1,4 мм). Диапазон колебания параметров испарения ночью 0,01–0,48 мм, днем 0,02–4,1 мм.

В лесу ночью в течение этих же суток испарение составило 30 % дневных значений (0,16 и 0,48 мм). Диапазон колебаний днем 0,06–2,4 мм, ночью 0,02–0,54 мм.

В задачу наших исследований входило выявление параметров испарения и установление степени влияния отдельных метеорологических факторов на его процессы. С этой целью мы произвели многофакторный регрессионный анализ на ЭВМ ЕС 1020. Для анализа данных по влиянию метеорологических факторов на испарение ( $y$  — зависимая величина) днем мы учитывали влажность почвы —  $x_1$  (в %), температуру воздуха —  $x_2$  (в °С), температуру на поверхности почвы —  $x_3$ , температуру на глубине 5 см —  $x_4$ , температуру почвы на глубине 10 см —  $x_5$ , относительную влажность —  $x_6$  (в %) и суммарную радиацию —  $x_7$  (в мДж/м<sup>2</sup>).

$$y = -0,56 + 0,14x_1 + 0,02x_2 + 0,03x_3 - 0,02x_4 + 0,02x_5 - 0,01x_6 + 0,05x_7.$$

Наиболее значимыми из факторов явились влажность почвы, температура на поверхности почвы и приход солнечной радиации. Критерии значимости ( $T$ ) для названных факторов составили в данном уравнении наибольшие величины. Когда мы исключили из анализа седьмой фактор, получилось уравнение  $y = 0,30 + 0,17x_1 - 0,05x_2 + 0,1x_3 + 0,11x_4 - 0,09x_5 - 0,03x_6$ .

Значения  $T$ -критерия составили для  $x_1 - 4,75$ ,  $x_3 - 1,23$ ,  $x_6 - 2,05$ . Без учета менее значимых факторов (температуры воздуха, почвы на глубине 10 см, относительной влажности воздуха) уравнение приняло вид  $y = -1,3 + 0,12x_1 + 0,03x_3 - 0,004x_4 + 0,07x_7$ .

Коэффициент множественной регрессии для приведенных выше уравнений  $K = 0,76$ .

Однако получить в полевых условиях значения суммарной радиации, влажности и температуры почвы весьма трудно (необходимы приборы М-80, М-29, Х-607, ТМ-5). Поэтому представляет интерес определение испарения в зависимости от температуры воздуха, на поверхности почвы и относительной влажности воздуха, т.е. от метеорологических параметров, которые можно получить при помощи психрометра Асамана и термометров ТМ-3;  $y = 0,88 - 0,10x_2 + 0,13x_3 - 0,007x_6$ .

В уравнении с одной зависимой ( $y$ ) и одной переменной ( $x_3$ )  $y = 0,06x_3$ ,

$T = 2,47$  (для значимых факторов  $T$  должно быть больше 2), однако высокая относительная ошибка уравнения указывает на его недостоверность. Коэффициент детерминации (множественной регрессии) — 0,40. В связи с этим уравнение может быть использовано лишь при грубых подсчетах.

В процессе выявления степени влияния метеорологических факторов на испарение ночью учитывалось 6 переменных, так как приход солнечной радиации в это время равен 0:  $y = 0,22 + 0,005x_1 + 0,012x_2 - 0,02x_3 + 0,04x_4 - 0,01x_5 + 0,01x_6$ .

Наиболее значимыми явились влажность почвы, температура на поверхности почвы, относительная влажность воздуха, наименее значимыми — температура почвы на глубине 5 и 10 см.

С учетом трех переменных — температуры воздуха и на поверхности почвы, относительной влажности воздуха мы получили уравнение  $y = 0,25 + 0,003x_2 - 0,017x_3 + 0,001x_6$ .

С двумя переменными (температура и относительная влажность воздуха) уравнение приняло вид  $y = 0,28 - 0,011x_2 + 0,001x_6$ .

Коэффициент множественной регрессии очень низкий (0,28), что указывает на возможность получения лишь приближенных величин испарения.

Характеризуя влияние метеорологических факторов в дни без выпадения осадков на лесной площадке, следует сказать, что из четырех факторов — влажность почвы ( $x_1$ ), температура ( $x_2$ ) и относительная влажность воздуха ( $x_3$ ), приход солнечной радиации ( $x_4$ ) — наиболее значимыми оказались  $x_4$  ( $T = 2,29$ ),  $x_1$  ( $T = 1,92$ ) и  $x_2$  ( $T = 1,16$ ). Влияние относительной влажности воздуха невелико ( $T = 0,004$ ):  $y = 0,63 - 0,018x_1 - 0,022x_2 + 0,001x_3 + 0,196x_4$  ( $K = 0,52$ ).

Уравнение с учетом трех наиболее значимых факторов:  $y = 0,63 - 0,018x_1 - 0,022x_2 + 0,196x_4$ .

Критерий значимости для  $x_1$  составил — 2,2, для  $x_2$  — 1,2, для  $x_4$  — 3,16.

Величину испарения в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха (приближенные значения) можно получить по уравнению  $y = 1,79 - 0,0007x_2 - 0,017x_3$  ( $K = 0,36$ ).

Ночью в сосняке мшистом (на лесной площадке) из трех анализируемых факторов ( $x_1, x_2, x_3$ ) в отличие от дневного времени влияние относительной влажности воздуха на испарение выше влияния влажности почвы, однако ниже влияния температуры воздуха:  $y = 0,36 + 0,006x_1 - 0,007x_2 - 0,001x_3$ . Это свидетельствует о том, что на процессы испарения в лесу определяющее влияние оказывают температура и относительная влажность воздуха, параметры которых обуславливают процессы испарения либо конденсации.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Испарение с почвы за вегетационный период 1983/84 года в условиях сосняка мшистого составило соответственно по годам 43 и 39 % (или 135 и 87 мм) испарения на полевой метеорологической площадке (317 и 221 мм).

2. Интенсивность испарения днем значительно превышает интенсивность испарения ночью. Испарение на полевой площадке ночью составило в среднем (за сутки без выпадения осадков) 0,2 мм, или 15 % испарения за день (1,4 мм). В лесу ночью испарение составило 30 % дневных значений (0,16 и 0,48 мм).

3. Наибольшее влияние на испарение с почвы днем оказывают влажность почвы, приход солнечной радиации и температура на поверхности почвы.

Ночью сила влияния факторов располагается в следующей очередности (в порядке уменьшения): влажность почвы, температура на ее поверхности, температура и относительная влажность воздуха.

Под пологом леса днем значимость факторов находится в такой последовательности: приход солнечной радиации, влажность почвы, температура и относительная влажность воздуха.

Ночью же, наоборот, температура и относительная влажность воздуха оказались более значимы, чем влажность почвы, так как в это время наряду с испарением имеет место конденсация влаги.

4. Полученные данные и закономерности объясняют возможность и целесообразность лесоразведения в степи. Сомкнутый лес экономит около 100 мм влаги в почве, что обуславливает его устойчивость и рост. Чем меньше водообеспеченность, тем гуще следует садить лесные культуры.

УДК 634.0.23

В.В.БАБИНОК, В.С.РОМАНОВ, Л.И.МУХУРОВ

#### ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА И ЗАПАСЫ КОРМОВ В СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКАХ

В связи с большим количеством создаваемых в Белоруссии сосновых молодняков встает задача определения в них запасов кормов, особенно при высокой численности лося, являющегося основным потребителем зеленых побегов сосны. Лося при повышенной численности оказывают существенное влияние на рост и продуктивность сосновых культур и естественное возобновление, поэтому определение кормовых ресурсов сосновых молодняков необходимо как для охотхозяйственных целей, так и при изучении лесохозяйственного значения лося.

В соответствии с целью исследований закладка пробных площадей (ПП) производилась в молодняках высотой до 5 м в разных условиях произрастания при полноте 0,3—1. На каждой ПП обмерялось в среднем 50 деревьев. Подсчитывалось количество кормовых побегов по слоям от уровня земли: 0÷0,5 м; 0,5÷1 м и т.д. Результаты заносились в специальный бланк. Для определения вертикальной структуры кормов в сосновых молодняках в Воложинском, Негорельском и Осиповичском лесхозах заложены 134 пробные площади, на основании которых производились дальнейшие расчеты и строились модели.

Распределение побегов по высоте дерева в зависимости от характеристик окружающей среды наносилось на график и выравнилось одной из кривых: тригонометрической, параболой, эллипсом и т.д. Вариация не превышала  $\pm 12$  % в случае описания закономерности распределения побегов по высоте синусоидой. Таким образом, базовое уравнение распределения побегов по высоте имеет вид