

ГЕОФИЗИКА

А. Р. КОНСТАНТИНОВ

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА СТРУКТУРУ И СКОРОСТЬ ВЕТРА

(Представлено академиком А. А. Григорьевым 10 VIII 1950)

В обширной литературе, посвященной влиянию лесных полос на микроклимат межполосных полей, большинство авторов приписывает факт снижения испаряемости и уменьшения сдувания снега уменьшению скорости ветра за полосами. На самом же деле все эти факторы определяются, в первую очередь, интенсивностью вертикального турбулентного обмена в атмосфере, а положительная роль лесных полос заключается в уменьшении указанного обмена.

В естественных условиях средняя скорость ветра действительно играет существенную роль, во-первых, как активный фактор при неоднородной подстилающей поверхности и, во-вторых, как фактор, от величины которого зависит интенсивность вертикального обмена. Для открытого места, где профиль ветра устанавливается лишь под влиянием шероховатости подстилающей поверхности, существует ряд теоретических схем, связывающих величину турбулентного обмена с вертикальным распределением скоростей ветра. Однако эти так называемые градиентные методы определения коэффициента перемешивания не пригодны для исследований воздушных потоков вблизи лесных полос вследствие не учитываемого указанными схемами изменения турбулентной структуры ветра полосами.

На эту сторону влияния леса и лесных полос на ветер указывал еще основоположник отечественной школы климатологии А. И. Войеков, а также В. Р. Вильямс. Впоследствии на это влияние лесных полос указывал Г. И. Матякин⁽¹⁾, но наиболее полно его осветил М. И. Юдин⁽²⁾, давший теоретическое обоснование схемы расчета оптимальной ширины лесных полос с точки зрения максимального уменьшения коэффициента обмена.

Коэффициент вертикального перемешивания может быть представлен структурной формулой в виде среднего произведения величины вертикальной составляющей пульсационной скорости w' на величину эффективного размера вихря l , т. е. $k = w'l$. Продуваемая лесная полоса, действуя как аэродинамическая решетка, разбивает и размельчает крупные вихри, характеризующие структуру набегающего на них воздушного потока. Уменьшение размеров вихрей ведет к уменьшению указанных составляющих, а следовательно, и к уменьшению турбулентного обмена. Трансформация структуры потока и образование более мелких вихрей под воздействием лесных полос происходит за счет энергии средних скоростей ветра. При размельчении вихрей кинетическая энергия наиболее мелких из них под влиянием сил вязкости переходит в тепловую. Таким образом, интенсивность процесса диссипации кинетической энергии в тепловую возрастает с уменьшением размера вихрей. В этом и заключается существо процесса воз-

действия лесных полос на ветер, уменьшающих энергию его среднего движения посредством уменьшения размеров вихрей. У непродуваемых лесных полос имеет место обтекание или, вернее, переваливание воздушного потока через полосу, что снижает влияние лесной полосы на его структуру, а следовательно, и ветрозащитную эффективность.

Результаты проведенных нами опытов дают хорошее подтверждение правильности изложенных выше положений о влиянии лесных полос на структуру ветра. Эти опыты проводились с помощью специальной, малоинерционной аппаратуры, дающей возможность синхронной регистрации вертикальной и горизонтальной составляющих скорости ветра. Опыты показали, что интенсивность уменьшения коэффициента обмена за лесными полосами не совпадает с интенсивностью уменьшения средней скорости ветра. Связь между ними определяется с помощью структурного коэффициента, характеризующего степень отличия структурных характеристик потока, прошедшего сквозь лесную полосу, от тех же характеристик ветра в открытом поле. Обычно за лесными полосами этот коэффициент меньше единицы, т. е. коэффициент обмена, обусловленный динамической турбулентностью, уменьшается более интенсивно, чем средняя скорость ветра. Однако за непродуваемыми полосами, уже на расстоянии, равном 10—20-кратной высоте полос, структурный коэффициент приближается к единице и даже становится более единицы. Это может привести к тому, что турбулентный обмен на этих участках, несмотря на некоторое уменьшение скорости ветра, может остаться тем же, что и до полосы, или даже возрасти.

В настоящий момент имеется очень мало данных о структурном коэффициенте, и поэтому мы вынуждены судить о ветрозащитной эффективности лесных полос по изменению скорости ветра под их влиянием. Ветрозащитная эффективность полосы зависит, главным образом, от степени ее продуваемости, которая может быть определена как процентное отношение площади просветов сквозь полосу, взятых в направлении, перпендикулярном к направлению площади полосы ($q\%$).

Экспериментальные данные (3-5) показали, что ветрозащитная эффективность полос разной ширины, но одинаковой продуваемости практически одинакова. Таким образом, если в силу климатических особенностей района или в силу орографического расположения полосы на местности данной полосе предназначается в основном ветрозащитная роль, то ее ширина, при достаточной плотности посадки деревьев, может быть сведена до минимума, без снижения ее ветрозащитной эффективности. Это — весьма важное обстоятельство, поскольку оно дает возможность уменьшить площадь, занимаемую полосами, расположеннымными вдоль склонов, с тем, чтобы увеличить за их счет площадь, занимаемую поперечными полосами. Ввиду того что основная роль последних, как показали исследования М. И. Львовича (6), должна, кроме ветрозащитного действия, заключаться в задержании поверхностного стока, для этой цели необходимы более широкие полосы.

На рис. 1 приведен график зависимости ветрозащитной эффективности полосы от степени ее продуваемости, построенный по упомянутым выше экспериментальным данным. Из кривой рис. 1 видно, что наибольшей ветрозащитной эффективностью обладают ажурные полосы с продуваемостью около 30%. Что касается вопроса о наивыгоднейшем расположении ажурности полос по высоте, то экспериментальные данные показывают, что наиболее рациональными являются полосы с максимальной ажурностью в нижней части полосы с постепенным уменьшением ее с высотой так, чтобы общая ажурность была близка к 30%.

До сих пор мы рассматривали случай ветра, нормального к полосе. С уменьшением угла набегания ветра от $\pi/2$ до π , ветрозащитная

эффективность полосы уменьшается. Многие авторы без достаточных оснований считали, что ветрозащитная эффективность полосы при параллельном ветре пренебрежимо мала. Однако экспериментальные данные Н. М. Горшенина (7) показывают, что ветрозащитное действие полосы в этом случае составляет около $1/3$ эффективности полосы с продуваемостью около 30% и около $1/2$ эффективности сплошной полосы при нормальном ветре. Такая эффективность полосы при параллельном ветре не является случайной. Лесная полоса является вертикальной стенкой с большой шероховатостью, а поэтому ее подтормаживающее влияние на параллельный поток простирается на значительное расстояние в перпендикулярном к полосе направлении. Согласно тем же данным, скорость ветра с изменением расстояния от полосы меняется по закону, близкому к логарифмическому. Поскольку с ростом боковой шероховатости полос увеличивается их ветрозащитное действие, всякое увеличение этой шероховатости, заключающееся в увеличении размера крон, в увеличении расстояния между деревьями внешнего ряда, в посадке деревьев на опушке полосы в виде выступов и т. д., способствует увеличению ветрозащитной эффективности полос, а поэтому весьма желательно.

Ход зависимости ветрозащитной эффективности лесных полос от угла набегания ветра показан на рис. 2. Эти кривые построены по эмпирическим формулам, полученным из обработки упомянутого экспериментального материала. На рис. 2 показана зависимость ветрозащитной эффективности одиноко стоящей клетки размером 1200×500 м с высотой деревьев 12 м в зависимости от угла набегания ветра. Суммарное влияние в этом случае складывалось отдельно из влияний поперечных и продольных полос. Из рис. 2 видно, что ветрозащитное влияние клетки с изменением угла набегания ветра меняется очень незначительно.

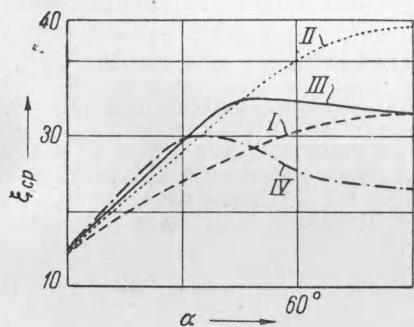


Рис. 2. Зависимость ветрозащитной эффективности лесных полос разной продуваемости от угла набегания ветра. I — $q = 0$; II — $q = 30\%$; III — $q = 60\%$; IV — $q = 80\%$; клетка размером 1200×500 м, высота полос 12 м

огражденных лесными полосами, согласно упомянутым исследованиям, должна определяться на большей части территории степной и лесостепной зон не имеется ясно выраженного преобладающего направления ветра. Поэтому ориентация полей,

При наличии систем полос профиль ветра и его структура при подходе к следующей полосе не вполне восстанавливаются, так что эффект новой полосы будет накладываться на уже несколько измененный поток, а ее влияние будет суммироваться с остаточным влия-

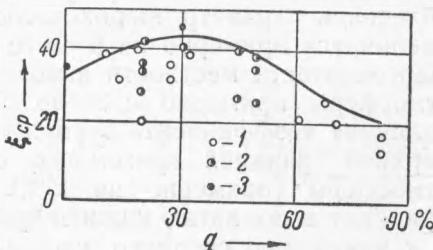


Рис. 1. Зависимость ветрозащитной эффективности полосы (на расстоянии 30 м) от ее продуваемости. 1 — по Бялловичу, 2 — по Кучеряевых, 3 — по Панфилову

нием предыдущей полосы. В целом, при беспредельном числе полос они будут воздействовать на ветер как подстилающая поверхность с большой шероховатостью, обусловливая тем самым изменение среднего профиля ветра и его структуры над данной местностью до значительных высот.

Исследованиями автора установлено, что при сплошном полосном облесении параметр шероховатости степных и лесостепных районов увеличится примерно на 6 см (с 5 до 11 см). Такое увеличение макро-шероховатости местности вызовет увеличение высоты приземного слоя атмосферы примерно с 30 до 40 м, а вследствие этого возрастет и величина коэффициента турбулентного обмена в слое воздуха между верхней границей приземного слоя и нижней границей свободной атмосферы (примерно на 12%). Это обстоятельство в свою очередь приведет к поднятию нижней границы свободной атмосферы на 40—50 м и к изменению среднего направления ветра в приземном слое атмосферы примерно на 3°, вращая сектор скорости и ветра против часовой стрелки.

Таким образом, ширина лесных полос с точки зрения их ветро-защитного действия может быть сведена до минимума и определяется в основном лесорастительными свойствами данного района. По имеющимся данным, минимальная ширина полос на большей части территории степных и лесостепных районов может быть доведена до 10 м. Независимо от ширины, ветрозащитные лесные полосы эффективны при ажурности порядка 30%.

При сплошном полосном облесении ветрозащитная эффективность клеток мало зависит от ориентации их на местности. Следовательно, при проектировании лесных полос отпадает необходимость ориентации их против господствующих ветров.

Государственный гидрологический
институт

Поступило
10 VIII 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. И. Матякин, Тр. Всесоюзн. н.-и. ин-та агролесомелиорации и лесн. хоз., 8, 65 (1937). ² М. И. Юдин, ДАН, 71, 655 (1950). ³ Ю. П. Бялович, Метеорология и гидрология, 4, 95 (1939). ⁴ Е. Г. Кучерявых, Сб. н.-и. работ Украинск. н.-и. ин-та лесного хоз., Харьков, 1940. ⁵ Я. Д. Панфилов, Тр. Всесоюзн. н.-и. ин-та агролесомелиорации и лесн. хоз., 8, 3 (1937). ⁶ М. И. Львович, Труды ГТИ, 23, 3 (1950). ⁷ Н. М. Горшенин, Научный отчет Всесоюзн. н.-и. ин-та агролесомелиорации и лесн. хоз. за 1941—1942 г., 34 (1946).