

УДК 630*226:630*116.12

МЕТЕЛЕВОЕ ПЕРЕОТЛОЖЕНИЕ СНЕГА КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР В СТЕПНЫХ УСЛОВИЯХ

М. К. Сапанов

Институт лесоведения РАН

Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21

E-mail: sapanovm@mail.ru

Поступила в редакцию 23.04.2018 г., после доработки 10.06.2018 г., принята 10.07.2018 г.

Сапанов М. К. Метелевое переотложение снега как основной фактор регулирования влагообеспеченности лесных культур в степных условиях // Поволжский экологический журнал. 2018. № 3. С. 327 – 339. DOI: <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2018-3-327-339>

В исконно безлесных регионах при создании защитных насаждений показана применимость и необходимость анализа особенностей метелевого переотложения снега для оптимизации влагообеспеченности как самих лесных культур, так и прилегающих территорий. Среднее расстояние переноса ветром отдельных снежинок, которое обычно не превышает нескольких сотен метров, является важнейшим параметром формирования снежного покрова. Именно этот механизм регулирует объем снегонакопления в лесных полосах, ширину их снегосборной площади и способствует равномерному распределению снега на открытых равнинных пространствах. Анализом соотношения потенциальной испаряемости со средним объемом дополнительной снеговой воды на единицу длины лесной полосы выявлена специфика влагонакопления и особенности десукции деревьев на разных типах почв. Приводятся доказательства невозможности создания устойчивых сомкнутых лесонасаждений в полупустынные и сухой степи на светло-каштановых почвах из-за слабого накопления снежных масс и потерь значительного количества весенних инфильтрационных вод вследствие их вторичного засоления. Раскрыты пути оптимизации влагообеспеченности культур в настоящей степи на черноземах за счет регулирования ширины лесополос в соответствии с механикой метелевого переотложения снега. Проведенные исследования показывают возможность математического расчета оптимизации параметров создаваемых лесополос и их размещения на окультуриваемой территории. При несоблюдении этих критериев доказана неосуществимость увеличения долголетия древостоев традиционными агротехническими и лесоводственными приемами.

Ключевые слова: степные территории, метели, переотложение снега, выращивание лесонасаждений.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2018-3-327-339>

ВВЕДЕНИЕ

Защитное лесоразведение, особенно в аридных регионах России, переживает нелегкие времена, это видно по стабильному уменьшению здесь объема лесопосадочных работ (Создание..., 2002). Наиболее емко и однозначно на эту проблему указал в небольшой заметке Е. С. Павловский, увязав ее с современным глобальным реформированием государства и необходимостью нового подхода к лесоме-

лиорации как действенному инструменту улучшения природопользования (Павловский, 2005). Некоторая потеря интереса со стороны государства к лесовыращиванию на исконно безлесных территориях в значительной степени обусловлена небольшим долголетием лесных культур. При этом возможность их выращивания закреплена в нормативных документах, предписывающих проведение лесовозобновительных мероприятий каждые 15 – 35 лет (Инструктивные..., 1983; Рекомендации..., 1988; Руководство..., 1996). По-видимому, такой короткий период ротации является неприемлемым для успешного развития защитного лесоразведения, тем более в случае современной интенсификации лесокультурных работ (Кулик и др., 2017).

Общезвестно, что неустойчивость этих насаждений обусловлена, главным образом, недостаточной влагообеспеченностью, которая на равнинных территориях может быть оптимизирована только за счет дополнительного снегозадержания. Между тем в защитном лесоразведении уделяется недостаточно внимания механике метелевого снегопереноса, а именно его переотложению, которое определяет не только специфику формирования снежного покрова по территории, но и объем накапливаемой снежной массы внутри лесонасаждений.

Цель настоящей работы – показать особенности основного механизма влагонакопления в лесных культурах на равнинной территории, обусловленные переотложением снега при метелях, и выявить пути оптимизации их влагообеспеченности в разных природных зонах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Рассматриваются особенности формирования снежного покрова на зональных автоморфных типах почв исконно безлесных территорий, приуроченных к равнинной местности. В работе в основном используются данные, полученные на объектах Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН, который расположен в глинистой полупустыне (опустыненной степи) Северного Прикаспия, т.е. в наиболее суровых природно-климатических условиях. Здесь изучению снежного покрова уделялось много внимания: были изучены особенности снегораспределения на целинной территории, в агролесомелиоративных системах, в том числе лесополосах плотной конструкции, изучены особенности метелевого снегопереноса, условия снеготаяния, частоты и интенсивности поверхностного весеннего стока талых вод (Мозесон и др., 1955; Свисюк, 1955; Гришин, 1962; Оловяннаякова, 1989; Сапанов, 2003 и др.). Снегомерная съемка на объектах проводилась и проводится в конце зимы. Зимой регистрируются погодные явления: сильные метели, оттепели, выпадение мокрого снега.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

От среднерусских степных черноземов до прикаспийских полупустынных солонцеватых светло-каштановых почв основной статьей прихода воды являются атмосферные осадки от 450 до 250 мм соответственно. Из этого количества воды осенне-зимние осадки обеспечивают лишь так называемый «непромывной» тип водного режима, характеризующийся незначительной глубиной промачивания почв

(0.5 – 1.5 м). Поступающая вода остается как бы в «подвешенном» состоянии в зоне распространения корневых систем травянистых растений и не распространяется глубже корнеобитаемого слоя вследствие малого количества (Роде, 1963; Оловянникова, 1966).

Для определения степени засушливости той или иной территории необходимо знать не только количество поступающей воды, но и условия ее расхода. Это осуществляется обычно путем сравнения истинной эвапотранспирации растительности (т.е. количества действительно расходуемой ею влаги) с потенциально возможной (т.е. такого количества воды, которое может быть израсходовано в этих условиях под воздействием метеорологических факторов). Как правило, для этих целей используется величина испаряемости, определяемая количеством воды, которое может испариться с открытой водной поверхности. Для удобства применяют так называемый коэффициент увлажнения, равный частному от деления количества годовых осадков (мм) на испаряемость (мм).

Коэффициент увлажнения безлесных территорий составляет менее 1, опускаясь в полупустыне до 0.3. Этот коэффициент неустойчив по годам, снижаясь в некоторые годы до 0.1. В таких условиях искони произрастают лишь травянистые растения, которые полностью расходуют в течение вегетационного сезона всю доступную влагу из почвы. Растения благополучно переживают почвенную и атмосферную засуху, сокращая срок ежегодной вегетации полным отмиранием надземной массы, а при улучшении гидротермических условий они опять «просыпаются» в виде отавы (Оловянникова, 1966).

Иное дело – функционирование лесных насаждений, период вегетации которых должен продолжаться непрерывно до осени. Это возможно лишь на территориях с коэффициентом увлажнения выше 1 (лесная зона), т.е. там, где температурный режим воздуха, контролирующей испаряемость, не «подгоняет» интенсивность транспирации деревьев на фоне водного дефицита, а истинные эвапотранспирационные расходы воды не выше потенциально возможных.

Проблема лесовыращивания на безлесных территориях состоит в том, что влаги зональных типов почв не хватает для этих целей и чем засушливее условия, тем быстрее вода заканчивается. Например, на светло-каштановых почвах вся депонированная с весны вода может быть израсходована деревьями уже в первые месяцы вегетационного сезона. У деревьев и кустарников ослабляется тургор в листьях (они обезвоживаются), отмечается преждевременный их сброс, появляется суховершинность, т.е. отмирание верхушечных побегов. Таким способом они адаптируются к возникшей засухе. В это же время отсутствие воды во второй половине вегетационного сезона, очевидно, препятствует накоплению запасных веществ, ослабляя жизнестойкость растений на следующий год. Особо опасно повторение таких лет, которое, собственно, и является причиной массового усыхания деревьев и кустарников (Сапанов, 2003, 2005).

Таким образом, для выращивания сомкнутых лесных культур необходимо дополнительное количество воды, большее, чем накапливается в целинных сообществах. При этом такое дополнительное влагонакопление лесонасаждениями возможно лишь за счет задержания снега при метелях. Все другие статьи приходной части водного баланса на равнине не поддаются регулированию.

Между тем работ по изучению особенностей снегонакопления в самих лесонасаждениях крайне мало, особенно в части оптимизации их влагообеспеченности. Наиболее близки к обсуждаемой проблеме работы по снегозадержанию вдоль транспортных путей, где вычисляют объем задерживаемого лесополосами снега. Основные же исследования по изучению особенностей формирования снежного покрова обычно касаются оптимизации снегораспределения в межполосных пространствах полезащитных систем, условиям же снегонакопления в самих древостоях уделяется меньше внимания (Рыжиков, 1962; Агролесомелиорация, 1971; Биогеоценологические..., 1974; Высоцкий, 1983; Справочник..., 1984).

Обращает на себя внимание то, что в защитном лесоразведении не учитывается общеизвестный механизм переотложения (перевевания) снега, который очень важен для равнинных территорий, не осложненных густой эрозионной сетью. Дальность метелевого переноса отдельных снежных частиц в европейской части России может достигать 1000 – 2000 м. Однако в большинстве случаев они переносятся на расстояние 200 – 500 м. В течение одной метели каждая снежинка перемещается лишь на некоторое расстояние, так как по пути превращаясь в снежную пыль, оседает и образует снежный наст. Иными словами, путь каждой отдельной снежинки конечен. Выпадая из ветрового потока, эти частицы формируют снежный покров. В условиях ровной местности уносимый ветром снег компенсируется приносимым; снег переотлагается, но средняя мощность его, вследствие замещения, мало изменяется (Кузьмин, 1960; Гришин, 1962; Дюнин, 1963; Копанев, 1971). Следовательно, на больших открытых равнинных пространствах равномерное распределение снежного покрова заведомо предопределено, а к любым препятствиям (лесонасаждениям, сооружениям, оврагам и др.) снежная масса при метелях поступает с небольшой прилегающей площади.

Представим гипотетическую схему однонаправленного метелевого снегопереноса на местности с двумя лесными полосами плотной конструкции, которые (каждые в отдельности) собирают максимум снега со своих снегосборных площадей. При этом пусть расстояние между полосами соответствует расстоянию максимального метелевого полета снежных частиц (рис. 1).

При таком сценарии выявляются:

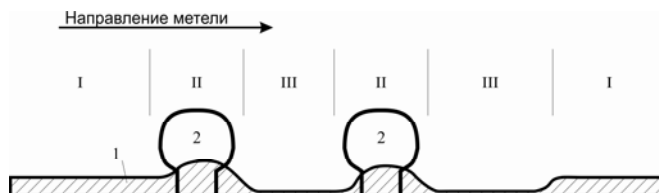


Рис. 1. Метелевое переотложение снега вблизи двух лесополос, расположенных друг от друга на расстоянии, равной ширине снегосбора: 1 – мощность снежного покрова, 2 – многорядные лесополосы. Зоны: I – равномерного отложения снега, II – максимального снегонакопления в лесополосе и на опушке, III – выдувания снега с подветренной стороны лесополос

- зоны равномерного распределения снега на свободном целинном пространстве, где уносимый снег замещается приносимым с прилегающей территории (I);
- зоны накопления снега внутри лесных полос и вдоль опушек (II);
- зоны выдувания

МЕТЕЛЕВОЕ ПЕРЕОТЛОЖЕНИЕ СНЕГА КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР

(вернее, выноса) снега: между лесными полосами и за второй полосой с подветренной стороны (III). Эти зоны образуются вследствие сдувания выпавшего снега и отсутствия привноса со стороны.

По данным Н. Т. Макарычева (1987), наиболее заносимая сторона железной дороги на 1 погонный метр пути накапливает: в западных и южных районах европейской части б. СССР 100 – 150 м³ снега, в центральных районах – 150 – 200 м³, в Западной Сибири и Казахстане – 400 – 700 м³. При средней плотности сугробов запасы воды в них колеблются в пределах 30 – 212 м³ или 30000 – 212000 мм.

Наиболее полно изучены особенности снегонакопления в лесных полосах Джаныбекского стационара (Биогеоценотические..., 1974; Базыкина, Оловяникова, 1996; Сапанов, 2002). Дополнительное количество воды на единицу длины лесополосы рассчитывалось нами как разность между общей массой собранного снега в лесной полосе и средней мощностью снежного покрова на целине, а ширина снегосборной площади вычислялась делением полученного результата на ту же величину мощности снега на целине. За 17 лет наблюдений плотная лесная полоса на один погонный метр накапливает в среднем дополнительно ~14000 мм воды со снегосборной площади шириной ~200 м. Максимально здесь накапливалось 47000 мм влаги с 500 м расстояния. Отмечается сильная вариабельность этих показателей (рис. 2).

Если учесть, что расход сомкнутой лесополосы должен составлять около 950 мм (потенциальная испаряемость в регионе), то возможная ее ширина должна быть менее 15 м (14000 мм : 950 мм). Как видим, такое дополнительное увлажнение позволяет создавать лишь одно-, двухрядные лесополосы. При увеличении рядности срединные ряды неминуемо будут испытывать ежегодный водный дефицит и погибать. При этом нет никакой возможности увеличения массы приносимого в лесополосу снега.

Отметим, что такие расчеты указывают лишь на возможность сохранности созданных лесополос такой ширины при устойчивой влагообеспеченности за счет дополнительного снегонакопления. На практике даже они не имеют шансов на долговременное существование. Это происходит потому, что атмосферные осадки,

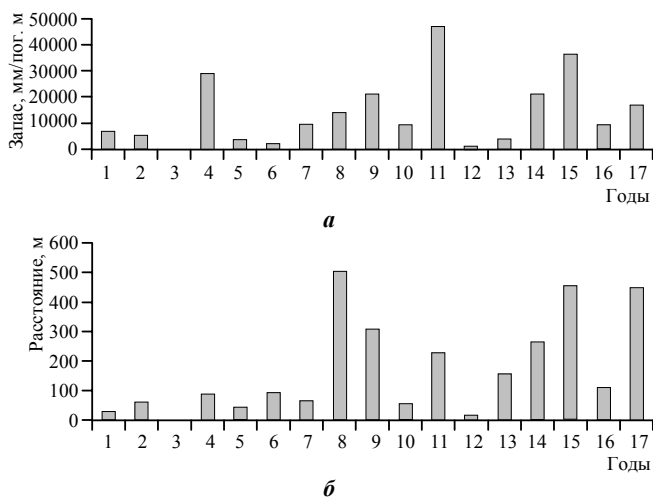


Рис. 2. Ежегодное метелевое дополнительное снегонакопление многорядной лесной полосы (а) с расстояния, равного одному-кратному переотложению снежной массы (б)

в том числе выпадающие в виде снега, неустойчивы в годовом аспекте. Дополнительная влагозарядка почвы под лесной полосой отсутствует в годы с незначительным горизонтальным переносом снега, а также в теплые, малоснежные и безметелевые зимы. Например, по данным А. В. Альбенского (1971), в аридных регионах России 30 – 40% зим бывают малоснежными.

Для увеличения сохранности таких лесных культур (1-, 2-рядных) применяется единственно возможный способ улучшения влагообеспеченности каждого дерева увеличением площади его водоснабжения до 30 м², тогда как в сомкнутых древостоях эта площадь у срединных взрослых деревьев составляет всего 7 – 10 м² (Годнев, 1973; Векшегонов, 1976; Рекомендации..., 1988). Увеличение жизненного пространства каждого дерева достигается снятием конкуренции с травянистой растительности путем проведения ежегодных агротехнических уходов в приопушечной зоне. Это позволяет деревьям распространять свои корни на значительные расстояния (например, корни вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.) уходят на пашне дальше 20 м, дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) – дальше 7 м). Кстати, именно поэтому деревья и кустарники оказываются более устойчивыми по краям сельскохозяйственных полей и при наличии дорог вблизи опушки. Однако в случае прекращения уходов почва зарастает травянистой растительностью, и деревья начинают погибать. О слабой возможности конкурировать с травянистой растительностью говорит, например, такой факт: корни посаженных деревьев и кустарников на зональных типах почв никогда не распространяются под примыкающие целинные травяные сообщества.

Еще одной проблемой дополнительного влагонакопления в лесных культурах, создаваемых в полупустыне и сухой степи, является засоленность условий местопроизрастаний. Даже в годы максимального снегонакопления в лесных полосах и глубоком промачивании, например, солончаковых солонцов и светло-каштановых почв, значительная часть пресной воды безвозвратно теряется для растений, инфильтруясь в засоленные горизонты. Этот солевой экран не опускается ниже 2 м в течение многих десятилетий, несмотря на существенное мелиоративное воздействие лесополос (Сиземская, 2013).

Как видим, на зональных типах почв аридных регионов возможен лишь многозатратный «садовый» тип лесовыращивания (с пожизненным уходом), который, очевидно, может быть применим лишь при создании особо ценных культур. Например, для научных целей по этой технологии на Джаныбекском стационаре сохраняются более 65 лет посадки вяза приземистого.

Иное дело – лесовыращивание в семиаридных регионах настоящей степи, например, на всех типах черноземов, где возможно создание многорядных сомкнутых лесных культур. По-видимому, это связано как с увеличением количества осадков, особенно зимних, так и с уменьшением испаряемости. При этом, разность между осадками и испаряемостью здесь не превышает в среднем 300 мм, тогда как в аридных регионах она в два раза выше. Поэтому для лесных культур необходимо меньшее количество дополнительной влаги, чем в зоне полупустыни и сухой степи.

При этом поступающая вода при снеготаянии в лесополосах может депонироваться в глубинные слои почвогрунта и даже пополнять пресные грунтовые воды,

вызывая подъем их уровня. Корневые системы деревьев устремляются в глубь за этой водой и используют ее в засушливые периоды. Эта дополнительная влага представляет собой постоянный некий «страховой фонд», который поддерживает деревья и кустарники на нормальном физиологическом уровне весь вегетационный сезон. Как видим, здесь происходит изменение круговорота воды: устанавливается так называемый периодически-промывной с десуктивным выпотом тип водного режима почв. По сути, лесонасаждения изменяют свой водной режим до условий пойменных и байрачных лесов (Князева, 1975; Бялый и др., 1985; Сапанов, 2003).

Однако даже в таких благоприятных условиях невозможно создание устойчивых массивных лесонасаждений, занимающих большие площади, например весь водораздел степных рек. В этой связи, очевидно, необходимо проведение специальных исследований по изучению специфики снегонакопления в лесных культурах конкретного региона для оптимизации их ширины и размещения на безлесной территории. Это тем более важно, что в научном обосновании создания устойчивых долговечных культур основное внимание отводится не определению этих параметров, а возможностям улучшения жизнестойкости древостоев применением различных агролесоводственных приемов. Приведем основные из них.

Из истории защитного лесоразведения известны способы продления жизни созданных культур подбором засухоустойчивых видов (Агролесомелиорация, 1972; Годнев, 1973; Векшегонов, 1976; Высоцкий 1983; Рекомендации..., 1988). Однако сезонное функционирование деревьев и кустарников должно длиться до осени, поэтому даже такие виды как вяз приземистый, ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.), жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.) не имеют шансов на выживание без дополнительного увлажнения, которое может отсутствовать в срединной части лесных массивов в засушливых регионах.

Лесоводы часто пытаются увеличить водоснабжение каждого дерева в сомкнутом насаждении различными способами, например, проведением периодических рубок ухода (Руководство..., 1996; Манаенков, 2016). Однако эти мероприятия не приносят желаемого результата в долговременной перспективе из-за того, что оставшиеся деревья стремятся к захвату освободившегося после рубок жизненного пространства убранных деревьев с восстановлением полога из смыкающихся крон. При этом смыкаются и их корни, и опять вся доступная влага из почвы начинает расходоваться с такой же скоростью и с таким же эффектом.

Еще один способ предполагает создание насаждений специальной влагосберегающей конструкции. Например, не одно поколение лесоводов пыталось сформировать древостой идеальной конструкции с применением тех или иных древесных и кустарниковых видов. Для краткого обозначения типов культур появились даже специальные термины (древесно-теневой, «нормальный», донской, гнездовой, шахматно-гнездовой и пр.) (Ерусалимский, 2004; Манаенков, 2016). Надо сказать, что все эти посадки, отличаясь конструктивно, мало что изменяют в динамике влагооборота. Рано или поздно там, где вода в дефиците, любые насаждения погибают. Деревья сохраняются лишь в местах с оптимальным увлажнением, например в опушечных рядах.

Наконец, стоит рассмотреть лучшую сохранность насаждений в лесопастбищных системах аридных регионов. Очевидно, здесь происходит «автоматическое» приведение животными листовой массы лесных культур в соответствие с накопленной влагой в почве за счет поедания веток и листьев в преддверии засухи, а также уменьшение конкуренции вследствие вытаптывания травянистой растительности вблизи деревьев и кустарников. Такое искусственное уменьшение кроны как бы подстраивает физиологию растений под малое, еще оставшееся количество почвенной влаги, тогда как естественное сбрасывание листьев при засухе уже является следствием ухудшения их состояния (Сапанов, 2003).

Как видим, выращивание лесных культур на зональных типах почв затруднительно из-за малого количества доступной воды. В этой связи подлежит сомнению устойчивое мнение некоторых лесоводов, которые считают, что здесь можно создавать долговечные лесонасаждения, стоит лишь правильно подготовить почву, своевременно проводить агротехнические и лесоводственные уходы, оптимизировать густоту посадки, подбор пород, их смешение, рубки ухода и т.д. Эти мероприятия, безусловно, увеличивают срок службы лесонасаждений, однако рано или поздно возникает несоответствие растущих потребностей деревьев во влаге с ее дефицитом в почве, и с этого времени такие древостои обречены на гибель. Лишь в редких случаях при оптимальном дополнительном увлажнении лесные культуры приобретают черты настоящих лесов, вплоть до самовозобновления и натурализации некоторых видов деревьев и кустарников, как, например, в Каменной степи (Чеканышкин, 2017).

Еще одной проблемой является научное обоснование расположения лесных полос относительно друг друга, например, для оптимизации формирования снежного покрова в полезащитных системах, так как достаточно часто в межполосных пространствах наблюдается возникновение так называемых «зон выдувания». На практике для нивелирования этого процесса часто создают дополнительные лесные полосы, которые, впрочем, не оказывают должного эффекта. Неудачи становятся понятными, если учитывать механизмы метелевого снеготранспорта: новые лесополосы не только не могут физически улучшить снегораспределение на поле (причины см. выше), но и попадают в условия отсутствия дополнительного увлажнения.

Таким образом, показана необходимость изучения и использования при научном обосновании лесокультурных технологий механики метелевого переотложения (перевевания) снежных масс. Именно этот параметр определяет пределы влагонакопления лесными полосами в различных природных зонах с устойчивым снежным покровом и позволяет математически рассчитать как их оптимальную конструкцию, так и размещение в лесоаграрных системах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ экологического соответствия создаваемых лесонасаждений условиям местопроизрастания исконно безлесных территорий. Выявлено, что на современном этапе в научном обосновании технологий защитного лесоразведения слабо учитывается метелевое переотложение (перевевание) снежных частиц, кото-

МЕТЕЛЕВОЕ ПЕРЕОТЛОЖЕНИЕ СНЕГА КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР

рое контролирует как дополнительное снегонакопление внутри лесонасаждений, так и формирование снежного покрова вблизи них. Анализ этого механизма показал особенности снегонакопления в лесных культурах, выращиваемых на равнинных зональных автоморфных типах почв разных природных зон (от полупустыни до настоящих степей).

Выявлена основная причина невозможности создания устойчивых лесных культур на зональных типах почв полупустыни и сухих степей вследствие малого и не поддающегося увеличению дополнительного снегонакопления, а также больших потерь весенних инфильтрационных вод из-за гравитационного стока через изначально засоленные горизонты почвогрунтов. Устойчивые лесонасаждения можно выращивать лишь на степных черноземах за счет того, что дополнительное снегозадержание в лесополосах вызывает значительное накопление воды в глубинных слоях почвогрунта с образованием своеобразного «страхового фонда», который может использоваться деревьями на десукцию в засушливый период. Дальнейшая разработка лесомелиоративного обустройства безлесных территорий на основе механизма переотложения снега позволит математически обосновать на уровне конкретных технологий основные параметры создаваемых защитных лесных систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-04-00246).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агролесомелиорация. М. : Лесн. пром-сть, 1972. 320 с.
- Альбенский А. В. Сельское хозяйство и защитное лесоразведение. М. : Колос, 1971. 280 с.
- Базыкина Г. С., Оловянная И. Н. Мелиоративное влияние системы лесных полос на разных этапах ее функционирования в полупустыне Северного Прикаспия // Почвоведение. 1996. № 5. С. 679 – 688.
- Биогеоценотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. М. : Наука, 1974. 360 с.
- Бялый А. М., Панов В. И., Нигматулин И. С. Формирование режима грунтовых вод под широкими лесными полосами // Почвоведение. 1985. № 10. С. 126 – 135.
- Векшегонов В. Я. Лесные полосы на целине. М. : Лесн. пром-сть, 1976. 56 с.
- Высоцкий Г. Н. Защитное лесоразведение. Киев : Наук. думка, 1983. 208 с.
- Годнев Е. Д. Повышение устойчивости насаждений дуба и вяза мелколистного в степных районах Юго-Востока РСФСР. М. : ЦБНТИ Гослесхоза, 1973. 36 с.
- Гришин И. С. Особенности переноса и накопления снега в условиях Западного Казахстана // Лесное хозяйство. 1962. № 12. С. 30 – 32.
- Дюнин А. К. Механика метелей. Новосибирск : Изд-во Сиб. отд-ния АН СССР, 1963. 380 с.
- Ерусалимский В. И. Лесоразведение в степи. М. : ВНИИЛМ, 2004. 176 с.
- Инструктивные указания по агролесомелиоративному устройству защитных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий. М. : Колос, 1983. 54 с.
- Князева Л. И. Защитное лесоразведение в сухой степи Западного Казахстана. М. : Наука, 1975. 160 с.
- Копанев И. Д. Методы изучения снежного покрова. Л. : Гидрометеиздат, 1971. 226 с.
- Кузьмин П. П. Формирование снежного покрова и методы определения снегозапасов. Л. : Гидрометеиздат, 1960. 172 с.

Кулик К. Н., Барабанов А. Т., Жданов Ю. М., Крючков С. Н., Кулик А. К., Манаенков А. С., Острая Т. И., Пугачева А. М., Рулев А. С., Семенютина А. В. Стратегия развития защитного лесоразведения в Волгоградской области на период до 2025 года / ФНЦ агроэкологии РАН. Волгоград, 2017. 39 с.

Макарычев Н. Т. Лесомелиоративные основы защиты железных дорог от снежных заносов : автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Волгоград, 1987. 48 с.

Манаенков А. С. Развитие основ степного и защитного лесоразведения: теоретические, прикладные аспекты и задачи в современных условиях // Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Сер. Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 2 (30). С. 5 – 23.

Мозесон Д. Л., Польский М. Н., Распопов М. П., Свисюк И. В. Наблюдения за распределением снежного покрова и процессом снеготаяния на опытных участках Джаныбекского стационара весной 1951 г. // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1955. Т. 25. С. 30 – 54.

Оловяникова И. Н. Водный режим растительности солонцового комплекса Прикаспия в условиях лесоразведения // Искусственные насаждения и их водный режим в зоне каштановых почв. М. : Наука, 1966. С. 186 – 314.

Оловяникова И. Н. Структурно-функциональные особенности лесомелиоративной полезащитной системы // Повышение продуктивности полупустынных земель Северного Прикаспия. М. : Наука, 1989. С. 93 – 113.

Павловский Е. С. О подготовке новой концепции агролесомелиорации // Теория и практика агролесомелиорации : материалы науч.-практ. конф. Волгоград : ВНИАЛМИ, 2005. С. 179 – 178.

Рекомендации по защитному лесоразведению и лесной мелиорации в глинистой полупустыне Северного Прикаспия. М. : ЦБНТИ Гослесхоза, 1988. 68 с.

Роде А. А. Водный режим и баланс целинных почв полупустынного комплекса // Водный режим почв полупустыни. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1963. С. 5 – 83.

Руководство по созданию устойчивых защитных насаждений на крайнем Юго-Востоке европейской территории России. М. : ВНИИЦлесресурс, 1996. 80 с.

Рыжиков Д. П. Влияние лесных полос разной конструкции на снегозадержание и урожай сельскохозяйственных культур // Снежный покров, его распространение и роль в народном хозяйстве. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1962. С. 229 – 234.

Сапанов М. К. Влагообеспеченность лесных культур на разных типах почв Северного Прикаспия // Почвоведение. 2002. № 9. С. 1089 – 1097.

Сапанов М. К. Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула : Гриф и К, 2003. 248 с.

Сапанов М. К. Причины усыхания культур дуба черешчатого на гидроморфных лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия // Лесоведение. 2005. № 5. С. 10 – 17.

Свисюк И. В. Снежный покров в условиях комплексной полупустыни северо-западной части Прикаспийской низменности в зимние сезоны 1950/51 и 1951/52 гг. // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1955. Т. 25. С. 5 – 29.

Сиземская М. Л. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2013. 276 с.

Создание защитных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения // Основные показатели лесохозяйственной деятельности за 1988, 1992 – 2001 г. М. : Рослесинфорг, 2002. С. 98 – 99.

Справочник агролесомелиоратора. М. : Лесн. пром-сть, 1984. 246 с.

Чеканышкин А. С. Защитные лесные насаждения Каменной степи : состояние и проблемы // Актуальные направления научных исследований 21 века : теория и практика. 2017. Т. 5, № 1 (27). С. 122 – 125.

**SNOW-DRIFT REDISTRIBUTION AS THE MAIN FACTOR
OF REGULATION OF WATER AVAILABILITY FOR FOREST CULTURES
IN STEPPE CONDITIONS**

Mamay K. Sapanov

*Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences
21 Sovetskaya Str., Uspenskoe, Moscow region 143030, Russia
E-mail: sapanovm@mail.ru*

Received 23 April 2018, revised 10 June 2018, accepted 10 July 2018

Sapanov M. K. Snow-drift Redistribution as the Main Factor of Regulation of Water Availability for Forest Cultures in Steppe Conditions. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2018, no. 3, pp. 327–339 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2018-3-327-339>

The applicability and necessity of analysis of snow-drift redistribution features for optimizing moisture availability for both forest cultures and adjacent territories are recommended while creating artificially-planted protective forest belts in previously treeless territories. The average distance traveled by individual snowflakes by wind, which usually does not exceed several hundred meters, is the most important parameter of snow cover formation. Just this particular mechanism regulates the amount of snow accumulation in forest belts, controls the width of snow-gathering area, and contributes to the even distribution of snow on flat lands without forests. By analysis of the ratio of potential evaporation and the average volume of additional snow-melted water per length unit of a forest belt, some specific features of moisture accumulation and peculiarities of tree desiccation on various types of soils were revealed. Evidence is given for the impossibility of the creation of stable close-planted forests on light chestnut soils in semi-desert and dry steppe regions due to the weak accumulation of snow masses and the losses of significant amounts of spring infiltration water due to secondary salinization. Ways are disclosed to optimize the water availability for crops in chernozem steppes by the adjustment of the forest belts' width according to the mechanics of snow-drift redistribution. The conducted research shows the possibility of mathematical calculation of the optimal parameters and spatial configuration of newly-planted forest belts on the reclaimed territory. The impossibility of increasing the life cycle duration of artificial forest stands with the help of only traditional agrotechnical and silvicultural techniques without considering these criteria has been proved.

Key words: steppe territories, snowstorm, snow redistribution, growing protective forest belts.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2018-3-327-339>

Acknowledgments: This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-04-00246).

REFERENCES

Agrolesomeliorsiya [Agroforestry]. Moscow, Lesnaya promyshlennost Publ., 1972. 320 p. (in Russian).

Albenskiy A. V. *Selskoye khozyaystvo i zashchitnoye lesorazvedeniye* [Agriculture and Protective Forests]. Moscow, Kolos Publ., 1971. 280 p. (in Russian).

Bazykina G. S., Olovyannikova I. N. The Meliorative Role of Forest Shelter Belts at Different Functional Stages in the Northern Caspian Semidesert. *Eurasian Soil Science*, 1996, no. 5, pp. 679–688 (in Russian).

Biogeotsenosticheskiye osnovy osvoyeniya polupustyni Severnogo Prikaspiya [Biogeocenotic Foundations for the Development of the Semidesert of the Northern Caspian]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 360 p. (in Russian).

Bialyi A. M., Panov V. I., Nigmatulin I. S. The Formation of groundwater regime under broad forest belts. *Pochvovedeniye*, 1985, no. 10, pp. 126–135 (in Russian).

Vekshogonov V. Ya. *Lesnyye polosy na tseline* [Forest belts on virgin soil]. Moscow, Lesnaya promyshlennost Publ., 1976. 56 p. (in Russian).

Vysotskiy G. N. *Zashchitnoye lesorazvedeniye* [The Protective Afforestation]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1983. 208 p. (in Russian).

Godnev E. D. *Povysheniye ustoychivosti nasazhdeniy duba i vyaza melkolistnogo v step-nykh rayonakh Yugo-Vostoka RSFSR* [Improving the Sustainability of Oak and Elm Plantings of Small-leaved Trees in the Steppe Regions of the South-East of the Russian Federation]. Moscow, TsBNTI Gosleskhoza, 1973. 36 p. (in Russian).

Grishin I. S. Features of the transfer and accumulation of snow in the conditions of Western Kazakhstan. *Lesnoye khozyaystvo*, 1962, no. 12, pp. 30–32 (in Russian).

Dyunin A. K. *Mekhanika meteley* [The Blizzard mechanics]. Novosibirsk, Izdatelstvo Sibirskogo otdeleniya AN SSSR, 1963. 380 p. (in Russian).

Erusalimskiy V. I. *Lesorazvedeniye v stepi* [The Forestry in the Steppe]. Moscow, VNIILM Publ., 2004. 176 p. (in Russian).

Instrukivnyye ukazaniya po agrolesomeliativnomu ustroystvu zashchitnykh nasazhdeniy na zemlyakh selskokhozyaystvennykh predpriyatiy [The Instructions on Agroforestry Amelioration of Protective Plantings on the Lands of Agricultural Enterprises]. Moscow, Kolos Publ., 1983. 54 p. (in Russian).

Knyazeva L. I. *Zashchitnoye lesorazvedeniye v sukhoi stepi Zapadnogo Kazakhstana* [The Protective Afforestation in the Dry Steppe of Western Kazakhstan]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 160 p. (in Russian).

Kopanev I. D. *Metody izucheniya snezhnogo pokrova* [The Methods for Studying the Snow Cover]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1971. 226 p. (in Russian).

Kuzmin P. P. *Formirovaniye snezhnogo pokrova i metody opredeleniya snegozapasov* [The Formation of Snow Cover and the Methods for Determining Snow Cover]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1960. 172 p. (in Russian).

Kulik K. N., Barabanov A. T., Zhdanov Yu. M., Kryuchkov S. N., Kulik A. K., Manayenkov A. S., Ostraya T. I., Pugacheva A. M., Rulev A. S., Semenyutina A. V. *Strategiya razvitiya zashchitnogo lesorazvedeniya v Volgogradskoy oblasti na period do 2025 goda* [The Development Strategy of Protective Afforestation in the Volgograd Region for the Period up to 2025]. Volgograd, FNTs agroekologii RAN, 2017. 39 p. (in Russian).

Makarychev N. T. *Lesomeliativnyye osnovy zashchity zheleznykh dorog ot snezhnykh zanosov* [The Forest Amelioration Basics of Protecting Railways from Snow Drifts]. Thesis Diss. Dr. Sci. (Agric.) Volgograd, 1987. 48 p. (in Russian).

Manayenkov A. S. The Formation of Steppe and Protective Afforestation: Theoretical and Applied Aspects in the Contemporary Context. *Vestnik of Volga State University of Technology, Ser. Forest. Ecology. Nature Management*, 2016, no. 2 (30), pp. 5–23 (in Russian).

Mozeson D. L., Polskiy M. N., Raspopov M. P., Svisyuk I. V. Observations on the Distribution of Snow Cover and the Process of Snowmelt at the Experimental Sites of the Dzhaanybek

МЕТЕЛЕВОЕ ПЕРЕОТЛОЖЕНИЕ СНЕГА КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР

Research Station in the Spring of 1951. *Trudy Instituta Lesa Akademii Nauk SSSR*, 1955, vol. 25, pp. 30–54 (in Russian).

Oloviannikova I. N. Vodnyy rezhim rastitelnosti solontsovogo kompleksa Prikaspiya v usloviyakh lesorazvedeniya. In: *Iskusstvennyye nasazhdeniya i ikh vodnyy rezhim v zone kashtanovykh pochv*. Moscow, Nauka Publ., 1966, pp. 186–314 (in Russian).

Olovyannikova I. N. Strukturno-funktsionalnyye osobennosti lesomeliorativnoy polezashchitnoy sistemy. In: *Povysheniye produktivnosti polupustynnykh zemel Severnogo Prikaspiya*. Moscow, Nauka Publ., 1989, pp. 93–113 (in Russian).

Pavlovskiy E. S. O podgotovke novoy kontseptsii agrolesomelioratsii. In: *Teoriya i praktika agrolesomelioratsii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Volgograd, VNIALMI Publ., 2005, pp. 179–178 (in Russian).

Rekomendatsii po zashchitnomu lesorazvedeniyu i lesnoy melioratsii v glinistoy polupustyne Severnogo Prikaspiya [The Recommendations for Protective Afforestation and Forest Reclamation in the Clay Semidesert of the Northern Caspian]. Moscow, TsBNTI Gosleskhoza, 1988. 68 p. (in Russian).

Rode A.A. Water regime and balance of virgin soils of semi-desert complex. In: *Water Regime of Soil Semi-desert*. Moscow, Leningrad, Izdatelstvo AN SSSR, 1963, pp. 5–83 (in Russian).

Rukovodstvo po sozdaniyu ustoychivykh zashchitnykh nasazhdeniy na kraynem Yugo-Vostoke evropeyskoy territorii Rossii [Guide to the creation of sustainable protective plantations in the extreme South-East of the European territory of Russia]. Moscow, VNIITslesresurs, 1996. 80 p. (in Russian).

Ryzhikov D. P. Vliyaniye lesnykh polos raznoy konstruktssii na snegozaderzhaniye i urozhay sel'skokhozyaystvennykh kultur. In: *Snezhnyy pokrov, ego rasprostraneniye i rol v narodnom khozyaystve*. Moscow, Leningrad, Izdatelstvo AN SSSR, 1962, pp. 229–234 (in Russian).

Sapanov M. K. Moisture Supply of Forest Plantations on Different Soil Types in Northern Caspian Region. *Eurasian Soil Science*, 2002, no. 9, pp. 1089–1097 (in Russian).

Sapanov M. K. *Ecology of Forest Plantations in Arid Regions*. Tula, Grif i K Publ., 2003. 248 p. (in Russian).

Sapanov M. K. Causes of Drying of Oak Cultures on Hydromorphic Meadow Chestnut Soils of the Northern Caspian. *Lesovedenie*, 2005, no. 5, pp. 10–17 (in Russian).

Svisyuk I. V. Snow Cover in the Conditions of the Semidesert Complex of the Northwestern Part of the Caspian Lowland in the Winter Seasons of 1950–51 and 1951–52. *Trudy Instituta Lesa Akademii Nauk SSSR*, 1955, vol. 25, pp. 5–29 (in Russian).

Sizemskaya M. L. *The Modern Natural-anthropogenic Transformation of the Soils of the Semidesert of the Northern Caspian*. Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2013. 276 p. (in Russian).

Sozdaniye zashchitnykh nasazhdeniy na zemlyakh sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya. In: *Osnovnyye pokazateli lesokhozyaystvennoy deyatel'nosti za 1988. 1992 – 2001 g.* Moscow, Roslesinforg, 2002, pp. 98–99 (in Russian).

Spravochnik agrolesomelioratora. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 1984. 246 p. (in Russian).

Chekanyshkin A. S. Protective forest plantations of the Stone steppe: state and problems. *Aktualnyye napravleniya nauchnykh issledovaniy 21 veka: teoriya i praktika*, 2017, vol. 5, no. 1 (27), pp. 112–125 (in Russian).