

Показатели водного баланса на различных агрофонах в лесостепной зоне Нечерноземья

Анатолий Иванович Петелько, д.с.-х.н., г.н.с., ORCID: 0000-0002-7546-0410;

Анастасия Витальевна Выпова ✉, директор, e-mail: vyrova-av@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-1910-9597 –

Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: zaglos@mail.ru, 303035, ул. Семашко, д.2А, г. Мценск, Орловская обл., Россия

В многофакторном стационарном опыте на стоковых площадках проводились наблюдения за снегоотложением, промерзанием и влажностью почвы, снеготаянием и водопоглощением. Целью исследований являлась разработка теории формирования весеннего стока при уровнях природных факторов выше лимитирующих, изучение закономерностей характера снегоотложения в комбинированной стокорегулирующей лесной полосе с низкорослым кустарником и предотвращение глубокого промерзания почвы. В результате научных исследований выявлена роль главных природных факторов и их взаимодействие на формирование поверхностного стока талых вод. Установлено, что при неглубоком промерзании почвы (до 50 см) весенний сток не формируется. За три года наблюдений промерзание почвы было слабым, что способствовало постепенному поглощению всей талой воды почвой. Водопоглощение на контрольных вариантах без лесной полосы было меньшим и колебалось от 34 до 110 мм, а на агрофонах зяби с лесополосой и низкорослым кустарником было выше на 17-36 мм. Эрозии почв не наблюдалось. Полученные материалы исследований позволили выявить влияние основных природных и антропогенных факторов на формирование весеннего стока талых вод. Это даёт возможность разработать новые приёмы регулирования снегоотложения на склонах в стокорегулирующих лесных полосах комбинированной конструкции с низкорослым кустарником. Это направление является актуальным и в наших условиях проводится впервые. Для успешной защиты почв от смыва и размыва необходимо знать закономерности эрозионных процессов, особенности их проявления в зависимости от совокупности определяющих природных факторов.

Ключевые слова: почва, эрозия, склон, комбинированная стокорегулирующая лесная полоса, низкорослый кустарник, снегоотложение, промерзание и влажность почвы, осадки, сток, водопоглощение.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН – FNFE-2022-0012 «Теоретические основы эрозионно-гидрологического процесса на водосборных бассейнах, концептуальные направления, пути и принципы создания высокоэффективных экологических систем управления этим процессом с целью полного предотвращения эрозии почв», FNFE-2022-0012-03 «Выявить закономерности влияния стокорегулирующих лесных полос с низкорослым кустарником на природные факторы стока в Центральном районе Нечерноземной зоны».

Поступила в редакцию: 23.08.2022

Принята к печати: 30.11.2022

Защитные лесные насаждения являются составной частью противоэрозионного комплекса, который разработан и внедрен в ОПХ Новосильской ЗАГЛОС. Под защитой лесных полос улучшается микроклимат полей, равномерно распределяется снег, на меньшую глубину промерзает почва, сокращается сток и смыв почвы. Всё это способствует сохранению почвенного плодородия и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Важнейшими задачами противоэрозионной агролесомелиорации являются: улучшение водного режима сельскохозяйственной территории и поддержание благоприятного увлажнения полей.

В настоящее время научные сотрудники опытной станции перешли на постановку стационарных, многолетних и многофакторных опытов по противоэрозионной тематике, которые позволяют получать наиболее полную и объективную оценку природных факторов [1, 2].

Согласно программе и методике научных исследова-

ний проводится работа по изучению влияния низкорослых кустарников в стокорегулирующей лесной полосе комбинированной конструкции на снегоотложение, промерзание и влажность почвы. От сложившихся погодных условий в холодный период зависит характер промерзания почвы. Низкорослыми кустарниками в стокорегулирующей лесной полосе можно управлять снегоотложением, что, в свою очередь, позволяет предохранить почву от глубокого промерзания. Для этого необходимо определить главные природные факторы, влияющие на эти процессы и дать им количественную оценку. Новизна научных исследований заключается в том, что на основе анализа природных факторов будут разработаны научные основы формирования эрозионно-гидрологического процесса и новые приёмы защиты почв от водной эрозии.

Цель научных исследований заключалась в выявлении закономерности снегоотложения на скло-

новых землях с низкорослым кустарником в комбинированной стокорегулирующей лесной полосе для управления эрозионно-гидрологическим процессом.

Теоретическая направленность заключается в том, чтобы разработать теорию формирования поверхностного стока талых вод при уровнях главных факторов: снегоотложение, промерзание и влажность почвы.

Материалы и методика исследований. Стационарный многофакторный научный опыт со стоковыми площадками закладывали на склоне

3-4°, экспозиция южная, расположение между суходолами Большие Зерёнки и ложиной Генералов Верх Новосильского района Орловской области. Крутизна склона составляет 3-4°. Почвы серые, лесные, средне- и сильноосмытые, смытость увеличивается сверху вниз по склону.

В нижней части опыта расположена 4-рядная лесная полоса 1960 года посадки. Схема посадки Б-Т-Б, размещение 2,5 × 1 м. В лесополосе опытного участка были проведены посадки низкорослого кустарника (рисунок 1).

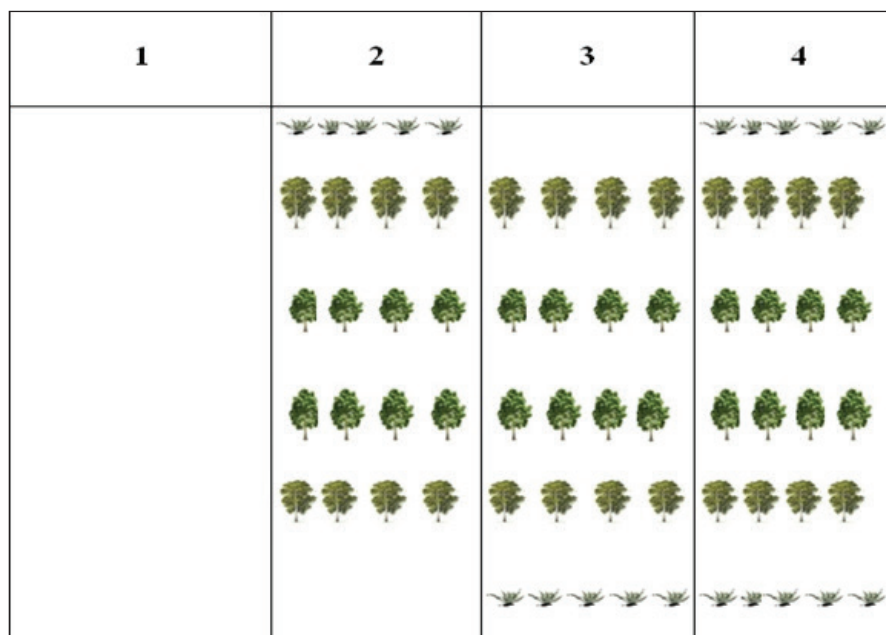


Рисунок 1. Схема расположения стоковых площадок

Изучение эффективности низкорослых кустарников в стокорегулирующей лесополосе комбинированной конструкции осуществлялось по схеме:

1. Зяблевая вспашка поперёк склона без лесной полосы (контроль).
2. Зяблевая вспашка поперёк склона + низкорослый кустарник по верхней опушке.
3. Зяблевая вспашка поперёк склона + низкорослый кустарник по нижней опушке.
4. Зяблевая вспашка поперёк склона + низкорослый кустарник по верхней и нижней опушкам.

Примечание. В 2019-2020 гг. на стоковых площадках агрофоном была зябь, а в 2021 г. – посев озимой пшеницы.

Для выполнения программных вопросов под руководством главного научного сотрудника ФНЦ агроэкологии РАН, заведующего лабораторией защиты почв от эрозии, доктора с.-х. наук А.Т. Барабанова, изучали снегоотложение, промерзание, влажность, оттаивание почвы, сток и смыв почвы. Перед снеготаянием высоту снежного покрова измеряли на стоковых площадках по двум снегомерным ходам в 3-кратной повторности. Математическую обработку данных по высоте снега за 3 года проводили согласно методике Б.А. Доспехова

[5]. Плотность снега определяли весовым снегомером ВС-43 на каждой стоковой площадке в 6-ти точках в 2-кратной повторности. Глубину промерзания почвы – по наличию кристаллов льда при бурении. Образцы почвы на влажность отбирали в 3-кратной повторности со следующих глубин: 0-3, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 см. Применяли термостатно-весовой метод. В период снеготаяния наблюдения за оттаиванием почвы проводили при помощи металлической шпильки в 5-кратной повторности в верхней, средней и нижней частях стоковых площадок.

Запасы воды в снеге Q (мм) вычисляли по формуле:

$$Q = 10 H d,$$

где H – высота снежного покрова, см;
 d – плотность снега г/см³.

В связи с тем, что поверхностный сток талых вод не сформировался, замеры воды на пороге водосливов не проводились. Научно-исследовательская работа выполнялась согласно программе и методике, методическим рекомендациям, указаниям и другим материалам [10,11,12,13,4,5,14,15,7,6].

В сточные годы на пороге водослива проводится замер воды линейкой с миллиметровыми де-

лениями через каждый час в дневное время. Слой стока определяли графоаналитическим методом. Для каждой стоковой площадки строили гидрографы стока. Подсчитывали сток за каждый день и за весь период наблюдений на всех стоковых площадках и вычисляли коэффициент стока.

Смыв почвы по твёрдому стоку учитывали путём отбора проб сточной воды на мутность. Пробы брали с момента появления мутной воды в мерный стакан ёмкостью 200 см³ через каждые 2 часа. Фильтрацию суспензии проводили в полевых условиях. Затем фильтры с осадками почвы высушивали до постоянного веса при температуре 105°C. Зная величину расхода объёма стока и его мутности, строили графики. На графиках подсчитывали площадь и вычисляли смыв почвы с каждой площадки и с одного гектара.

После прохождения поверхностного стока замеры смыва проводили по методу водороин: на каждой стоковой площадке поперёк склона прокладывали 3 профиля, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга. На каждом профиле двумя мерными линейками измеряли глубину и ширину водороин с точностью до 1 мм. Величину смыва почвы по водороинам определяли по следующей формуле:

$$P = \frac{S \cdot 10000}{L}, \quad \text{где}$$

P – вынос почвы, м³/га;

S – суммарная площадь сечения, м²;

L – длина профиля, на котором проведён замер водороин, м.

При замерах водороин на профилях одновременно учитывали и наносы почвы, которые также выражали в м³/га. Самым распространённым методом определения почвенных потерь является метод, основанный на уравнении потери почвы [19]:

$A = 0,224RK(LS)CP$, где

A – потери почвы в кг/м²;

R – фактор эродирующей способности дождя;

K – фактор подверженности почв эрозии;

L – фактор длины склона;

S – фактор уклона;

C – фактор системы ведения растениеводства;

P – фактор борьбы с эрозией почв.

Факторы длины L и крутизны склона S часто рассматриваются как единый топографический фактор LS или «фактор рельефа».

Наблюдения за оттаиванием проводили на полевой части стоковых площадок перед и за лесной полосой при помощи металлической шпильки в период снеготаяния и прохождения стока талых вод в пятикратной повторности на верхней, средней и нижней частях стоковых площадок.

Математическое моделирование эрозионных процессов насчитывает десятки моделей, представленных в виде эрозионно-аккумулятивных процессов, основанных на различных подходах, т.е. общих и частных законах. Активность эрозии

определяется различными факторами: интенсивность поверхностного стока, податливость почвы размыву, рельеф местности и подстилающей породы. Широко применяются модели смыва и размыва почвы, где учитывают длину и крутизну склона, фактор рельефа. Объём исследований в данной области основан на теории взвесенесущих потоков. Длина склонов и крутизна их рассматривается как единый топографический фактор или «фактор рельефа». По материалам научных исследований Е.А. Гаршинёва, который долгое время работал на Новосильской ЗАГЛОС, фактор рельефа $I^m L^n$ (I – крутизна склона, L – длина склона) является значимым, объединяет в себе гидрологические и топографические характеристики [16, 17, 18].

Результаты и их обсуждение. Погодные условия в период полевых наблюдений были разнообразны. 2018-2019 гг. По температурному режиму сентябрь 2018 г. оказался на 3,7°C выше нормы. Средняя температура воздуха за месяц составила 15,4°C. Сумма осадков равнялась 35 мм или 79,5% от многолетних значений. В октябре сумма осадков за месяц превысила норму на 109% (48 мм). А вот ноябрь оказался холоднее обычного. Среднемесячная температура воздуха – 1,9°C мороза. Осадков выпало мало – 8 мм или 21%. За осенний период средняя температура воздуха составила 7,0°C, что на 2,0°C выше средних величин. Осадков выпало меньше нормы – 91 мм (72,2%).

В декабре средняя температура воздуха была -5,5°C, что на 1,9°C теплее обычного. Осадков выпало 74 мм или 200% от месячной нормы. Почва под мощным покровом (25-35 см) начала оттаивать снизу. Промерзание почвы колебалось от 15 до 35 см. В январе происходило увеличение снежного покрова. Месячные осадки превысили норму и достигли 44 мм (137,5%). Температура воздуха в среднем за месяц была теплее на 2,6°C по сравнению со средними многолетними показателями. Февраль оказался на 7,5°C теплее обычного. Средняя месячная температура воздуха равнялась -1,9°C. Сумма осадков превысила норму на 3 мм и составила 34 мм. На 28 февраля средняя высота снежного покрова – 30-40 см, что выше средних многолетних значений. К этому времени промерзание почвы колебалось от 5 до 16 см. Наблюдались оттепели. Снег оседал и уплотнялся. В таких условиях под мощным снежным покровом продолжалось оттаивание почвы снизу. В целом зима была нехолодной, снежной. Осадки составили 152 мм (152%).

В зимний период направление ветров менялось в широких пределах. Однако, преобладал ветер восточной (В) четверти, скорость его равнялась в среднем 3-5 м/с, с порывами до 20 м/с. Также наблюдались ветра южного (Ю) и западно-(З) северо-западного (СЗ) направлений (рисунок 2).

Для анализа были взяты метеорологические данные по количеству, скорости и направлению метельных ветров за зимний период по данным метеостанции Мценск.

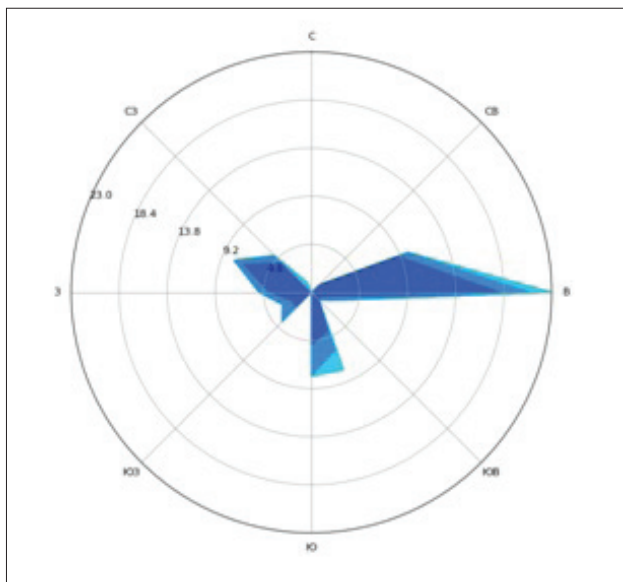


Рисунок 2. Вероятность появления метелей различных направлений, % (метеостанция Мценск, 2018-2019 гг.)

На основе результатов определены преобладающие направления, максимальные и средние скорости ветровых потоков, изучен характер метелей, их повторяемость. Для получения более точного результата за основу бралась 16-тирумбовая роза ветров. Метели учитывались при скорости ветра 3 и более м/с, исходя из того, что это минимальная скорость ветра, при которой начинается снегоперенос[6].

В начале марта потеплело. Среднесуточная температура воздуха выше 0°C установилась 8 марта. В первой декаде марта в ночные часы температура воздуха понижалась до отрицательных величин. 11 марта на полевых опытах провели снегомерную съемку. Средняя высота снега на стоковых площадках – 27-31 см. Плотность снега колебалась от 0,342 до 0,359 г/см³. Наибольшие запасы воды в снеге (109 мм) наблюдались на яблечной вспашке поперёк склона+ стокорегулирующая лесная полоса комбинированной конструкции с низкорослым кустарником по верхней и нижней опушкам (таблица).

Влажность, определённая перед снеготаянием, изменялась в значительной степени. На агрофонах более увлажнённым был слой 0-30 см. В слое 0-30 см влагозапасы на контроле в нижней части стоковой площадки на зяби составили 82,8 мм, а в нижней части с лесополосой – 105,9 мм, т.е. на 23,1 мм больше. Глубже 50-ти см происходило перераспределение влагозапасов в сторону уменьшения. Имеющиеся отклонения изменения влажности почвы зависели от наличия прослоек различного механического состава почвы.

Нами установлено отепляющее влияние снежного покрова, которое защищает почву от глубокого промерзания. Конечно, немаловажную роль играют сложившиеся погодные условия в холодный период и другие факторы. В исследуемом году промерзание почвы перед снеготаянием было неглу-

боким – до 10 см. Общие снегозапасы на контроле 107 мм, а на вариантах с лесной полосой – 113-127 мм. Снеготаяние проходило с 11 марта по 30 марта, т.е. 20 дней. Оно прерывалось ночными заморозками. Талая вода впитывалась в оттаявший слой почвы. Сток талых вод не сформировался. Водопоглощение на стоковых площадках зависело от снегозапасов и колебалось от 107 до 127 мм. Полученные данные приведены в таблице за 2019 год.

2019-2020 гидрологический год. В целом осень была на 2,6°C теплее. Сумма осадков –100 мм, то есть меньше средних многолетних величин на 20,7%. Декабрь оказался теплее обычного. Среднемесячная температура воздуха была 0,2°C. С 26 декабря слабозимняя погода, которая вызвала промерзание почвы до 1-4 см. Сумма осадков за месяц – 25 мм (67,5% от многолетних значений). В январе наблюдались частые оттепели, временами выпадали дожди, что вызывало таяние снежного покрова. Такие погодные условия способствовали оттаиванию почвы, и местами она оттаяла полностью. Сумма осадков за месяц достигла 34 мм, что составляет 106,2% от многолетней нормы. Февраль характеризовался тёплым температурным режимом. Средняя месячная температура воздуха составила -0,8°C. Осадки превысили норму и равнялись 60 мм. Следует особо отметить, что в начале третьей декады февраля, т.е. на 42 дня раньше климатических дат, произошёл переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C в сторону повышения. Сохранялся высокий температурный режим. Среднесуточная температура воздуха была в пределах 0-3°C тепла. Лишь 24 февраля наблюдался слабый мороз 1°C. В дальнейшем в дневные часы температура воздуха была положительной. В зимний период преобладали ветры восточного (В) и южного (Ю), юго-восточного (ЮВ) и юго-западного (ЮЗ) направлений (рисунок 3). Средняя скорость ветра составляла 3-7 м/с, порывы до 20 м/с.

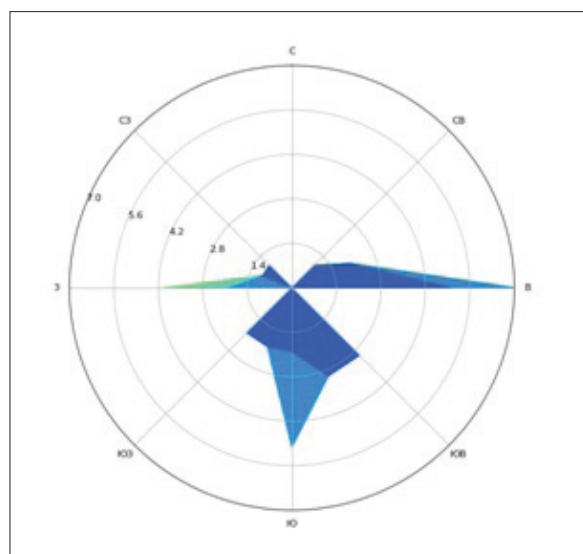


Рисунок 3. Вероятность появления метелей различных направлений, % (метеостанция Мценск, 2019-2020 гг.)

Зима была неустойчивая, с частыми и про-

должительными оттепелями. Образовавшийся небольшой снежный покров подтаивал, оседал, местами полностью разрушался. Зимняя температура воздуха превысила средние многолетние значения на 8,4°C. За зиму выпало 129 мм осадков, что составляет 129%. В течение зимы почва неоднократно оттаивала и замерзала.

В связи с потеплением 21 февраля на полевых опытах провели снегомерную съёмку. Средняя высота снега на зяби (контроль) наименьшая – 8 см, а на стоковых площадках с лесной полосой выше – 12-18 см. Плотность снега была в пределах от 0,342 до 0,365 г/см³. На варианте зяби со стокорегулирующей лесной полосой комбинированной конструкции и низкорослым кустарником по верхней и нижней опушкам запасы воды в снеге были наивысшие – 62 мм. Общие снегозапасы на контрольном варианте – 34 мм, а на других вариантах с лесной полосой произошло увеличение их от 47 до 67 мм. Из-за сложившихся тёплых погодных условий промерзание перед снеготаянием было слабое. Снеготаяние началось очень рано (22 февраля) и длилось до 1 марта. Оно прерывалось ночными заморозками. Днём снег постепенно таял и оседал. Осадков выпало мало. Четыре дня были с осадками в 1 мм и более. Сумма осадков составила 5 мм. В условиях повышенного температурного режима наблюдалось оттаивание почвы. На конец третьей декады февраля глубина промерзания почвы в ночные часы изменялась от 2 до 4 см. В течение дня верхний слой почвы вновь оттаивал. Талая вода впитывалась в почву. Ввиду неглубокого промерзания почвы стока талых вод не наблюдалось. На стоковой площадке водопоглощение на зяби без лесной полосы ниже, чем на других агрофонах на 13-34 мм. Отсюда следует, что при неглубоком промерзании почвы, независимо от снегозапасов и влагозапасов, стока не бывает.

Далее охарактеризуем 2020-2021 гидрологический год. Осень 2020 г. была теплее на 3,6°C по сравнению с многолетними данными. Продолжительность осеннего периода составила 66 дней. 11-13 ноября среднесуточная температура воздуха понизилась до отрицательных значений. Осадков выпало 124 мм или 98,4% от нормы. За зимний период средняя температура воздуха была -6°C, что на 2,1°C теплее от средних многолетних величин. Осадков выпало много – 174 мм, из них декабря – 39 мм, в январе – 72 мм и феврале – 63 мм. На конец февраля промерзание почвы неглубокое – 23-32 см.

В 2020-2021 гидрологическом году можно выделить три основных направления метельных ветров – восточно-северо-восточное (ВСВ), северо-западное (СЗ) и юго-юго-западное (ЮЮЗ) (см. рис.4).

В марте среднесуточная температура воздуха составила 1,9°C мороза, что на 2,5°C выше нормы. Сумма выпавших осадков за месяц равнялась 17 мм или 54,8% от средних многолетних величин. За март прошлого года осадков выпало на 2 мм

больше. В середине марта потеплело. 15 числа провели снегомерную съёмку перед снеготаянием.

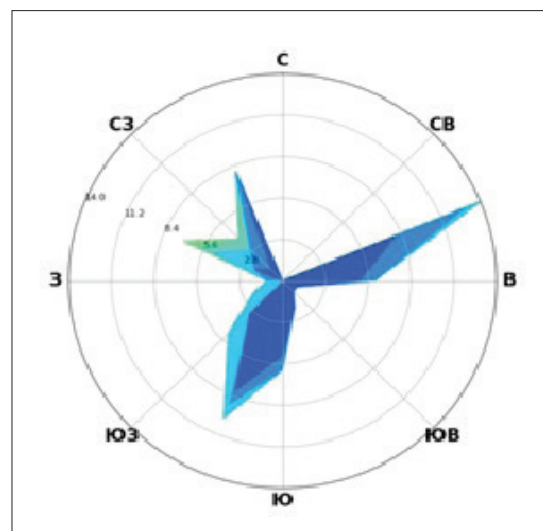


Рисунок 4. Вероятность появления метелей различных направлений, % (метеостанция Мценск, 2020-2021 гг.)

Высота снежного покрова на стоковых площадках колебалась от 18 см (контроль) до 24 см на агрофоне озимые посевы + лесная стокорегулирующая полоса комбинированной конструкции с низкорослым кустарником по верхней и нижней опушкам. Плотность снега – 0,296-0,370 г/см³. Снегозапасы на контроле равнялись 53 мм, а с лесной полосой и низкорослым кустарником были выше и достигли 69-89 мм. Глубина промерзания почвы на контроле без лесной полосы составила 46 см, а на других вариантах со стокорегулирующей лесной полосой произошло уменьшение промерзания почвы на 10-24 см. Неглубокое промерзание почвы повлияло на отсутствие поверхностного стока талых вод на всех стоковых площадках.

Перед началом снеготаяния показатели влажности и влагозапасов почвы изменялись в значительной степени. Слой почвы 0-30 см был наиболее увлажненным. Глубже 50-ти см происходило перераспределение влажности почвы и её варьирование. Изменения влажности почвы и влагозапасов связаны с пестротой литологического состава почвогрунтов.

Таяние снега длилось 19 дней с перерывами и закончилось 2 апреля. Почва к этому времени повсеместно была талая, что способствовало просачиванию талой воды в нижележащие горизонты. Водопоглощение на контроле – 63 мм, на других вариантах опыта со стокорегулирующей лесной полосой комбинированной конструкции и низкорослым кустарником произошло превышение его на 13-36 мм. Показатели водного баланса см. в табл.

Научные наблюдения показали очевидную роль основных природных факторов. При неглубоком промерзании почвы формирование поверхностного стока талых вод не происходит [8,3,9].

Таблица – Влияние различных агрофонов на снегоотложение, формирование весеннего стока талых вод и водопоглощение

Номера стоковых площадок	Высота снега, см	Плотность снега, г/см ³	Запасы воды в снеге, мм	Осадки за период снеготаяния, мм	Общие снегозапасы + осадки за период снеготаяния, мм	Продолжительность снеготаяния, сут.	Сток талых вод, мм	Водопоглощение, мм
2019 год								
№1 (контроль)	27	0,342	92	18	110	20	0	110,0
№2	27	0,353	95	18	113	20	0	113,0
№3	28	0,359	101	18	119	20	0	119,0
№4	31	0,350	109	18	127	20	0	127,0
2020 год								
№1 (контроль)	8	0,365	29	5	34	8	0	34,0
№2	12	0,351	42	5	47	8	0	47,0
№3	16	0,357	57	5	62	8	0	62,0
№4	18	0,342	62	5	67	8	0	67,0
2021 год								
№1 (контроль)	18	0,296	53	10	63	19	0	63,0
№2	19	0,367	70	10	80	19	0	80,0
№3	20	0,345	69	10	79	19	0	79,0
№4	24	0,370	89	10	99	19	0	99,0
Среднее за 3 года	21	0,349	72	11	83	17	0	83,0
НСР ₀₅	5,1							

Наблюдениями на стоковых площадках установлено, что природные факторы оказывают свое влияние на формирование поверхностного стока талых вод. Слабо промерзшая почва, независимо от увлажнения, обладает высокой впитывающей способностью, что вызывает поглощение всей талой воды в нижележащие горизонты. Неглубокое промерзание почвы (до 50 см) в течение трех лет способствовало просачиванию всей снеговой воды в почву (см. табл.). На всех агрофонах сток не сформировался. Продолжительность снеготаяния колебалась от 8 до 20 суток. За три года наблюдений средняя высота снега составила 21 см, плотность снега – 0,349 г/см³, запасы воды в снеге – 72 мм, водопоглощение – 83 мм.

Выводы.

1. За три года наблюдений (2019-2021 гг.) сложившиеся гидрометеорологические условия холодного периода способствовали слабому промерзанию почвы. На стационарном опыте промерзание почвы перед снеготаянием не превышало 50-ти см. Высота снежного покрова на стоковых площадках колебалась по годам: в 2019 г. – 27-31 см, в 2020 г. – 8-18 см, в 2021 г. – 18-24 см, снегозапасы составляли соответственно 92-109 мм, 29-62 мм, 53-89 мм. На вариантах со стокорегулирующей лесной полосой комбинированной конструкции с низкорослым кустарником запасы воды в снеге по

сравнению с контролем без лесной полосы были выше: в 2019 г. на 7-9 мм, в 2020 г. на 13-33 мм, в 2021 г. на 16-36 мм.

2. Перед началом весеннего снеготаяния верхний слой почвы (0-30 см) был наиболее увлажненным. Глубже происходило перераспределение влажности и влагозапасов почвы. Это связано с неоднородностью литологического состава почвы.

3. Следует отметить, что стокорегулирующая лесная полоса комбинированной конструкции с низкорослым кустарником способствует оптимизации снегоотложения, предотвращает глубокое промерзание почвы, повышает водопоглощение и улучшает влагообеспечение самой лесополосы.

4. Научные исследования показали, что неглубокое промерзание почвы, независимо от снегозапасов и влажности почвы, способствует неформированию весеннего стока талых вод. Зная закономерности главных природных факторов можно управлять эрозионно-гидрологическим процессом.

5. На основе анализа природных и антропогенных факторов эрозионно-гидрологического процесса будут выявлены закономерности снегоотложения в зоне влияния низкорослого кустарника в стокорегулирующей лесной полосе комбинированной конструкции при различном его размещении. Теоретические, методические и прикладные

исследования позволяют решать ряд важных практических задач, связанных с разработкой системы противоэрозионных мероприятий.

Литература:

1. Барабанов А.Т. Агроресомелиорация в почвозащитном земледелии. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1993. 155 с.
2. Барабанов А.Т., Петелько А.И., Левшин А.О. Влияние стокорегулирующих лесополос на снегоотложение // Природопользование в аграрных регионах России. М., 2006. С. 86-89.
3. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград, 2017. 188 с.
4. Борец В.П., Зыков И.Г. и др. Методические рекомендации по защите почв от водной эрозии и рациональному использованию эродированных земель в Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР. – Волгоград, 1981. 51 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1968. 335 с.
6. Дюнин А.К. В царстве снега. – М.: Наука, 1983. 161 с.
7. Захарченко Л.Я. Методика определения технологических функций земли в растениеводстве (практические рекомендации). – Курск, 1989. 50 с.
8. Зыков И.Г., Савичев В.Д. Методические указания по проведению почвенно-эрозионного обследования овражно-балочных земель для агроресомелиоративных целей. – Волгоград, 1981. 34 с.
9. Петелько А.И. Агроресомелиорация в адаптивно-ландшафтном земледелии в лесостепи Центрального Нечерноземья: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. – Вол-

гоград, 2012. 39 с.

10. A.I.Petelko, A.T.Barabanov and Melihov Surface flow of melted water the central Russian upland (2022) 10P Conference Series: Earth and Environmental Science, 965(7), статья №1.2016. DOI:1088/1755-1315/965/1/012016

11. Сурмач Г.П. и др. Методика изучения водорегулирующей и противоэрозионной роли лесных полос и агротехнических приемов. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1967. 39 с.

12. Сурмач Г.П. и др. Рекомендации по защите почв от эрозии в Орловской области. – Орёл, 1973. 43 с.

13. Сурмач Г.П., Барабанов А.Т., Гаршинёв Е.А., Кузнецов А.П., Панов В.И. Изучение водопоглощающего и противоэрозионного влияния защитных лесонасаждений в комплексе с другими мероприятиями (методические рекомендации). – Москва, 1975. 96 с.

14. Сурмач Г.П. и др. Методические рекомендации по проведению агротехнических опытов на склонах. – М., 1978. 43 с.

15. Трегубов П.С., Брауде И.Д., Шурикова В.И. и др. Почвозащитное земледелие на склоновых землях Нечерноземной зоны РСФСР (рекомендации). – М.: Россельхозиздат, 1984. 39 с.

16. Хаширова Т.Ю., Апанасова З.В. Применение компьютерного моделирования в проблемах оценки экологического состояния природных ландшафтов // Современные проблемы науки и образования. 2014. №6; URL: www.science-education.ru/120-15355 (дата обращения 03.04.2015).

17. Гаршинёв Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: Экспериментальная оценка, расчет и проектирование. – Волгоград, 2002. 220 с.

18. Эрозия почвы. Пер. с англ. и предисловие М.Ф. Пушкарева. М.: Колос, 1984. 415 с.

DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.009.58-65

Indicators of Water Balance at Various Agrobackgrounds in the Forest-Steppe Zone of the Non-Chernozem Region

Anatolij I. Petel'ko, D.S-Kh.N., Leader Researcher, ORCID: 0000-0002-7546-0410;

Anastasiya V. Vypova, Director, e-mail: vypova-av@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-1910-9597 –

Novosil'skaya Zonal Agroforestry Experimental Station, branch of the Federal Scientific Center of Agroecology, Russian Academy of Sciences (FSC of agroecology RAS), e-mail: zaglos@mail.ru, 303035, Orel Region, Mtsensk, 2A Semashko St., Russia

Abstract. Observations of snow deposition, freezing and soil moisture, snowmelt and water absorption were carried out in a multifactorial stationary experiment on runoff sites. The purpose of the research was to develop a theory of the spring runoff formation at levels of natural factors above the limiting values, to study the patterns of snow deposition in a combined flow-regulating forest strip with low-growing shrubs and to prevent deep freezing of the soil. As a result of scientific research, the role of the main natural factors and their impact on the meltwater surface runoff formation has been revealed. It was found that with shallow freezing of the soil (up to 50 cm), spring runoff is not formed. During the three years of observations, the freezing of the soil was weak, which contributed to the gradual absorption of all meltwater into the soil. The water absorption in the control variants without a forest strip was smaller and varied from 34 to 110 mm, and in the winter tillage

agrobackgrounds with a forest strip and low-growing shrubs was higher by 17-36 mm. Soil erosion was not observed. The obtained research materials made it possible to identify the influence of the main natural and anthropogenic factors on the spring meltwater runoff formation. This makes it possible to develop new techniques for regulating snow deposition on slopes in runoff-regulating forest strips of combined construction with low-growing shrubs. This direction is relevant and is being held for the first time in our conditions. Knowing the patterns of erosion processes, the peculiarities of their manifestation, depending on the totality of determining natural factors is necessary for successfully soils protection from flushing and erosion.

Keywords: soil, erosion, slope, combined runoff-regulating forest strip, low-growing shrub, snow deposition, freezing and soil moisture, precipitation, runoff, water absorption

The work was carried out within the framework of the state task of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" – FNFE-2022-0012 "Theoretical foundations of the erosion-hydrological process in catchment basins, conceptual directions, ways and principles of creating highly efficient eco-friendly control systems for this process in order to completely prevent soil erosion", FNFE-2022-0012-03 "Identify patterns of flow-regulating forest strips with low-growing shrubs influence on natural factors of runoff in the Central area of the Non-Chernozem zone".

Received: 23.08.2022

Accepted: 30.11.2022

References:

1. Barabanov A.T. *Agrolesomeliorsiya v pochvo-zashchitnom zemledelii* [Agroforestry in soil protective agriculture]. Volgograd. VNIALMI. Publ. House. 1993. 155 p.
2. Barabanov A.T., Petel'ko A.I., Levshin A.O. *Vliyaniye stokoreguliruyushchikh lesopolos na snegootlozhenie* [Influence of runoff-regulating forest belts on snow deposition]. *Prirodopol'zovanie v agrarnykh regionakh Rossii* [Nature management in agrarian regions of Russia]. Moscow. 2006. pp. 86-89.
3. Barabanov A.T. *Erozionno-gidrologicheskaya otsenka vzaimodeystviya prirodnykh i antropogennykh faktorov formirovaniya poverkhnostnogo stoka talykh vod i adaptivno-landshaftnoye zemledelie* [Adaptive landscape agriculture and erosive-hydrological assessment of the natural and anthropogenic factors interaction in the meltwater surface runoff formation]. Volgograd. 2017. 188 p.
4. Borets V.P., Zykov I.G. et al. *Metodicheskie rekomendatsii po zashchite pochv ot vodnoy erozii i ratsional'nomu ispol'zovaniyu erodirovannykh zemel' v Tsentral'nom rajone Nechernozemnoy zony RSFSR* [Methodological recommendations on soil protection from water erosion and rational use of eroded lands in the Central region of the Non-Chernozem zone of the RSFSR]. Volgograd. 1981. 51 p.
5. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. M. «Kolos» Publ. house, 1968. 335 p.
6. Dyunin A.K. *V tsarstve snega* [In the Realm of Snow]. Moscow. «Nauka» Pul. House. 1983. 161 p.
7. Zakharchenko L.Ya. *Metodika opredeleniya tekhnologicheskikh funktsiy zemli v rastenievodstve* [Methodology for determining the technological functions of the earth in crop production] (practical recommendations). Kursk. 1989. 50 p.
8. Zykov I.G., Savichev V.D. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu pochvenno-erozionnogo obsledovaniya ovrazhno-balochnykh zemel' dlya agrolesomeliativnykh tselej* [Methodological guidelines for carrying out a soil-
- erosion survey of ravine-balka lands for agroforestry purposes]. Volgograd. 1981. 34 p.
9. Petel'ko A.I. *Agrolesomeliorsiya v adaptivno-landshaftnom zemledelii v lesostepi Tsentral'nogo Nechernozem'ya* [Agroforestry in adaptive landscape agriculture in the forest-steppe region of the Central Non-Chernozem region]: abstract of diss. ... of Doctor of Agricultural Sciences. Volgograd, 2012. 39 p.
10. A.I. Petelko, A.T. Barabanov and Melihov. Surface flow of melted water the central Russian upland (2022) 10P Conference Series: Earth and Environmental Science, 965(7), article №1. 2016. DOI:1088/1755-1315/965/1/012016
11. Surmach G.P. et al. *Metodika izucheniya vodoreguliruyushchey i protiverozionnoy roli lesnykh polos i agrotekhnicheskikh priemov* [Methodology for studying the water-regulating and anti-erosion role of forest strips and agrotechnical techniques]. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 1967. 39 p.
12. Surmach G.P. et al. *Rekomendatsii po zashchite pochv ot erozii v Orlovskoy oblasti* [Recommendations for soil protection from erosion in the Oryol region]. Oryol. 1973. 43 p.
13. Surmach G.P., Barabanov A.T., Garshinyov E.A., Kuznetsov A.P., Panov V.I. *Izucheniye vodopogloshchayushchego i protiverozionnogo vliyaniya zashchitnykh lesonasazhdeniy v komplekse s drugimi meropriyatiyami* [Study of water-absorbing and anti-erosion effects of protective forest plantations in combination with other measures] (methodological recommendations). Moscow. 1975. 96 c.
14. Surmach G.P. et al. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu agrotekhnicheskikh opytov na sklonakh* [Methodological recommendations for carryin gout agrotechnical experiments on slopes.]. Moscow. 1978. 43 p.
15. Tregubov P.S., Braude I.D., Shurikova V.I. et al. *Pochvozashchitnoye zemledelie na sklonovykh zemlyakh Nechernozemnoy zony RSFSR* [Soil-protective agriculture on the sloping lands of the Non-Chernozem zone of the RSFSR] (recommendations). Moscow. «Rossel'khozizdat» Publ. house. 1984. 39 p.
16. Khashirova T.Yu., Apanasova Z.V. *Primenenie komp'yuternogo modelirovaniya v problemakh otsenki ekologicheskogo sostoyaniya prirodnykh landshaftov* [Computer modeling applying in the problems of assessing the ecological state of natural landscapes]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Contemporary problems of science and education]. 2014. №6; URL: www.science-education.ru/120-15355 (access date: 03.04.2015).
17. Garshinyov E.A. *Erozionno-gidrologicheskij protsess i lesomeliorsiya: Eksperimental'naya otsenka, raschet i proektirovanie* [Erosion-hydrological process and forest reclamation: Experimental assessment, calculation and engineering]. Volgograd. 2002. 220 p.
18. *Eroziya pochvy* [Soil erosion] Translation from English and foreword by M.F. Pushkarev. M. «Kolos» Publ. house. 1984. 415 p.

Цитирование. Петелько А.И., Выпова А.В. Показатели водного баланса на различных агрофонах в лесостепной зоне Нечерноземья // Научно-агрономический журнал. 2022. №4(119). С. 58-65. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.009.58-65

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Petel'ko A.I., Vypova A.V. Indicators of Water Balance at Various Agrobackgrounds in the Forest-Steppe Zone of the Non-Chernozem Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 4(119). pp. 58-65. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.009.58-65

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.