

УДК 556.124.2

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(113-121)

**Н.С. ЕВСЕЕВА, М.А. КАШИРО, З.Н. КВАСНИКОВА, А.С. БАТМАНОВА, А.И. ПЕТРОВ,
М.А. ВОЛКОВА, О.В. НОСЫРЕВА**

Томский государственный университет, 634050, Томск, ул. Ленина, 36, Россия,
nsevseeva@yandex.ru, mkashiro@yandex.ru, zojkwas@rambler.ru, tonubka@yandex.ru,
petrov.anatoliy1945@yandex.ru, mv2101@mail.ru, ov_nosyreva@mail.ru

СНЕГОВЕТРОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В АГРОЛАНДШАФТАХ БАСЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ЮГО-ВОСТОКА ЗОНЫ ПОДТАЙГИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Изложены результаты 30-летних (1988–2017 гг.) наблюдений за процессами взаимодействия ветра и снега на территории Томской области. На основе многолетних ландшафтно-маршрутных снегоъемок установлено, что на исследуемой территории ежегодно протекают снеговетровые процессы, схожие по механизму действия с эоловыми. Проанализировано их влияние на трансформацию почв в пределах агроландшафтов юга Западной Сибири. Охарактеризовано влияние различных процессов и свойств компонентов ландшафта на условия снегонакопления в бассейнах малых рек Томь-Яйского междуречья. Для детального изучения снеговетровых процессов в пределах изучаемой территории был выбран ключевой участок, расположенный в бассейне малой реки Басандайка, с характерным для южных районов Западной Сибири типом природопользования. Рассчитаны среднегодовые значения температуры и количества осадков для изучаемой территории и определены их тренды. Проанализированы изменения характеристик снежного покрова: толщины, начала формирования и продолжительности залегания. Рассчитана противодефляционная устойчивость почв и выявлены критические скорости ветра, приводящие к зимней дефляции. Установлены параметры ветрового режима в холодный период года: повторяемость средних и сильных скоростей ветра, цикличность их проявления, активность метелевых переносов. Измерены и описаны аккумулятивные и дефляционные формы эолового рельефа, формирующиеся в холодный период года. Проведена оценка зимней дефляции пахотных почв на основе многолетних полевых наблюдений, определено количество эолового наноса в снежной толще. Сделан вывод, что наиболее интенсивное развитие очагов дефляции и формирование эоловой ряби на поверхности снега наблюдается ранней весной во время снеготаяния. Осуществлен анализ снежных проб, в результате чего выявлен высокий уровень аккумуляции почвенных частиц на поверхности снега. При определении состава эолового наноса установлено преобладание пылевых фракций.

Ключевые слова: эоловое рельефообразование, холодный период года, снежный покров, зимняя дефляция, трансформация пахотных почв, Томь-Яйское междуречье

**N.S. EVSEEVA, M.A. KASHIRO, Z.N. KVASNIKOVA, A.S. BATMANOVA, A.I. PETROV,
M.A. VOLKOVA, O.V. NOSYREVA**

Tomsk State University, 634050, Tomsk, ul. Lenina, 36, Russia,
nsevseeva@yandex.ru, mkashiro@yandex.ru, zojkwas@rambler.ru, tonubka@yandex.ru,
petrov.anatoliy1945@yandex.ru, mv2101@mail.ru, ov_nosyreva@mail.ru

WIND-DRIVEN SNOW PROCESSES IN AGROLANDSCAPES OF SMALL RIVER BASINS IN THE SOUTHEASTERN SUBTAIGA ZONE OF THE WEST SIBERIAN PLAIN

This article presents the results of 30 years (1988–2017) observations of wind-snow interaction processes on the territory of Tomsk oblast. Based on long-term landscape-route snow surveys, it has been established that on the study territory every year there occur wind-driven snow processes similar to aeolian processes in the mechanism of action. An analysis is made of their influence on the soil transformation within the agrolandscapes in the south of Western Siberia. The influence of the various processes and properties of landscape components on snow accumulation conditions in small river basins of the Tom-Yaya interfluvium is outlined. For a detailed study into the wind-driven snow processes within the study territory, we used the key area located within the Basandika small river basin, with the type of nature management characteristic for the southern regions of Western Siberia. The average annual values of temperatures and precipitation amounts were calculated for the study territory, and their trends were determined. An analysis was made of changes in snow cover characteristics: the snow thickness, start of formation and duration. The anti-deflation resistance of soils was calculated and critical wind velocities leading to winter defla-

© 2020 Евсеева Н.С., Каширо М.А., Квасникова З.Н., Батманова А.С., Петров А.И.,
Волкова М.А., Носырева О.В.

tion were identified. The wind regime parameters were determined for a cold period of a year: the frequency of moderate and strong wind velocities, their cyclicity and the activity of wind transport. Accumulative and deflationary aeolian relief-formations in a cold period of a year have been measured and described. Winter deflation of arable soils is assessed on the basis of long-term field observations, and the amount of aeolian snowdrift in the snow thickness is determined. It is concluded that the most intense development of deflation centers and the formation of aeolian ripples on the snow surface are observed in early spring during snowmelt. An analysis was made of the snow samples to reveal a high level of accumulation of soil particles on the snow surface. A predominance of dust fractions was observed in determining the composition of aeolian snowdrift.

Keywords: aeolian relief-formation, cold period of a year, snow cover, winter deflation, transformation of arable soils, Tom-Yaya interfluve.

ВВЕДЕНИЕ

Эоловое рельефообразование развивается на суше во всех природных зонах, но с разной интенсивностью. В умеренных и полярных широтах особенность проявления эоловых процессов в холодный период года (ХПГ) заключается во взаимодействии ветра и снега. Ежегодно снегом покрывается 115 млн км² [1], что составляет четвертую часть всей поверхности Земли. Снежный покров (СП) оказывает влияние на людей и экономику стран, а вследствие своей динамичности — большое и разнообразное воздействие на интенсивность развития всех физико-географических процессов, в том числе и геоморфологических. Особенности воздействия СП на ход природных процессов в разных регионах России и мира изучали многие исследователи: Г.Д. Рихтер [2], Н.Н. Галахов [3], Е.А. Нефедьева [4], В.В. Бутюгин [5], Э.Г. Коломыйц [6, 7], Ю. Херцберг [8] и др.

Е.А. Нефедьева [4], А.К. Дюнин [9] отмечают, что для исследования развития процессов, связанных с СП, первоочередное значение имеет изучение закономерностей его распределения по территории в разных условиях рельефа, растительности, режима ветра и др. Взаимодействие ветра и снега формирует ряд процессов, которые по аналогии с традиционным подходом можно отнести к дефляции, корразии и аккумуляции [10]. В.В. Бутюгин [5] предлагает называть такое взаимодействие снеговетровыми процессами, так как, по его мнению, снег — это аналог грунта эолового происхождения.

Цель работы — оценка снеговетровых процессов и их эколого-геохимических аспектов в агроландшафтах бассейнов малых рек Томь-Яйского междуречья.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

На условия снегонакопления оказывают влияние многие процессы и свойства компонентов ландшафта: синоптические процессы воздействуют на общее количество выпадения снега, а толщина СП зависит от рельефа, растительного покрова, режима ветров, развития метелей и др. В связи с условиями снегонакопления весьма важны данные о морфометрии, морфологии рельефа и материнских почвообразующих породах.

Томь-Яйское междуречье — один из наиболее возвышенных и расчлененных участков территории Томской области. Оно расположено на юго-востоке Западно-Сибирской равнины и имеет площадь около 5 тыс. км². Абсолютные высоты в пределах междуречья изменяются от 100 до 270 м. Блочные движения фундамента обусловили неоднородность степени расчленения междуречья. Так, вертикальное расчленение его рельефа изменяется от первых метров до 40–80 м, местами — до 100 м. Горизонтальное расчленение (реками, балками, оврагами) варьирует от 0,6 до 2,5 км/км² [11], его основу составляют балки — от 0,3 до 2,1 км/км². На плакорах местных междуречий практически повсеместно наблюдаются понижения округлой, овальной формы суффозионно-нивационно-просадочного генезиса [12] с глубиной от десятков сантиметров до 3–5 м и диаметром до сотен метров. Крутизна склонов на пашне изменяется от 0–1 до 12°. В пределах междуречья с поверхности залегают лёссовидные суглинки поздннеоплейстоцен-голоценового возраста. Они карбонатные, местами с маломощными линзами песка и мелкого гравия [13]. Мощность слоя почвообразующих лёссовидных пород изменяется от 2 до 12 м [14].

Климат территории континентально-циклонический. Среднегодовое количество осадков и среднегодовая температура воздуха в юго-восточной части Томской области за годы наблюдений существенно меняются. Так, среднегодовая температура воздуха на ст. Первомайское в период с 1935 по 1980 г. составляла –0,8 °С, а в период с 1983 по 2005 гг. она повысилась до 0,8 °С, среднегодовое количество осадков, наблюдаемое в эти же периоды, колебалось от 416 до 618 мм. На ст. Томск температура менялась аналогичным образом от –0,6 °С (в период 1935 по 1980 гг.) до 1,22 °С (в период с 1983 по 2005 гг.), среднегодовое количество осадков за данные периоды повысилось от 520 до 617 мм.

При этом тенденция изменения сумм атмосферных осадков за десять лет составила 8,5 мм для ст. Первомайское и 14,5 мм для ст. Томск [15]. Среднее количество осадков в последние годы составляет около 620 мм, из которых на долю твердых осадков приходится до 34 %. Средняя дата устойчивого залегания СП в зоне подтайги за период 1955–2016 гг. приходится на 23 и 26 октября (по станциям Первомайское и Томск соответственно); самые ранние даты — первая декада октября, самые поздние — первая–вторая декады ноября [16]. За 61-летний срок наблюдений (с 1967 по 2015 г.) на ст. Томск толщина СП колебалась от 20 до 69 см, составляя в среднем 46 см, а плотность СП изменялась от 0,2 до 0,35 г/см³. На ст. Первомайское в этот же период колебания толщины СП составляли от 18 до 61 см, при средней толщине 36 см, плотность СП колебалась от 0,18 до 0,34 г/см³. Продолжительность залегания устойчивого СП за указанный период изменялась от 117 до 185 дней, в среднем составила 177 дней на ст. Томск и 184 дня на ст. Первомайское; в отдельные зимы (2001/02, 2002/03, 2006/07 гг.) она достигала 200 дней и более.

В пределах Томь-Яйского междуречья доминируют мелколиственно-светлохвойные смешанные леса. Из почв развиты в основном суглинистые дерново-подзолистые, светло-серые лесные, темно-серые лесные, агроземы и др. [17]. В бассейнах малых рек они используются под пашню. Так, в бассейне р. Басандайка серые лесные почвы и их подтипы занимают под поля, начиная с XVII в., наиболее активно — в последние 70 лет. Почвы региона характеризуются высокой распыленностью и уязвимы для сильных ветров [18, 19]. Содержание частиц менее 1 мм в почвах достигает 90 %.

Противодефляционная устойчивость (П_д) верхних горизонтов почв (0–20 см), рассчитанная по методике Г.А. Ларионова [20], невелика и изменяется в диапазоне от 24 до 57. Сопоставление данных по скоростям ветра и П_д почв Томь-Яйского междуречья показывает, что ветры в агроландшафтах способны вызывать не только снегоперенос, но и значительную дефляцию почв в холодный период года.

С целью изучения снеговетровых процессов в агроландшафтах бассейнов малых рек Томь-Яйского междуречья авторами был выбран ключевой участок в типичном бассейне, дренируемом р. Басандайка, расположенный практически в центре изучаемой территории (рис. 1). Площадь ключевого участка «Лучаново» более 100 га, из них 56 га — это пашня, находящаяся в пределах плоско-волнистой приводораздельной поверхности междуречья Басандайки и Тугояковки на склонах северной и южной экспозиции. Длина р. Басандайка — 57 км, площадь водосбора — 402 км², а лесистость — около 75 %.

В течение 30 лет (1988–2017 гг.) ежегодно перед началом снеготаяния и по ходу этого процесса проводились ландшафтно-маршрутные снегосъемки в микромасштабе. В зависимости от микрорельефа и типа растительности измерения толщины СП осуществлялись по маршруту через 5, 10 и 20 м, в лесу через 20–50 м. С целью определения интенсивности аккумуляции эоловой пыли производилось опробование снега из всей толщи и с поверхности эоловой ярыби, а также почв на пашне и в лесополосах для анализа гранулометрического состава и физико-химических характеристик.

При оценке основных характеристик снежного покрова по материалам наблюдений широко использовался вероятностно-статистический метод. При статистическом анализе рядов наблюдений базовых характеристик снежного покрова использовались методы оценки однородности рядов наблю-



Рис. 1. Местоположение ключевого участка «Лучаново» в пределах Томь-Яйского междуречья.

дений, корреляционный и регрессивный методы, тренд-анализ. Выполнен мониторинг по основным характеристикам ветра по станциям Томск и Первомайское, а также авиаметрической станции Томск (АМСГ Томск), расположенной на выровненной поверхности в 9,5 км от с. Лучаново и в 4,5 км северо-восточнее с. Богашево (см. рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Снеговетровые процессы преимущественно определяются ветровым режимом территории. Его особенности, характерные для 1966–2015 гг. по данным ст. Первомайское и для 1966–2017 гг. по данным ст. Томск, приведены в табл. 1. С целью более объективной характеристики снеговетровых процессов авторами прежде всего рассмотрен ветровой режим в районе по данным АМСГ Томск.

Анализ ветрового режима позволил выявить некоторые закономерности. Средняя годовая скорость ветра за 10 лет (2006–2015 гг.) составляет 4 м/с, наиболее высока она в декабре — 5 м/с (рис. 2, а). Максимальная повторяемость средней скорости ветра 3–5 м/с составляет 44 %. В связи с особенностями циркуляции атмосферы на юго-востоке Западной Сибири преобладают ветры южных румбов, особенно велика их повторяемость в ХПГ, а к концу зимы она возрастает до 51 % [21]. Среднее число дней со скоростью ветра $\geq 10, 15, 20$ м/с дано на рис. 2, б–г, наиболее часто они наблюдаются в ХПГ. Так, скорости ветра в ХПГ 20 м/с и более в 2013 г. отмечались шесть раз, в 2014 г. — девять раз, в 2015 г. — четыре раза. Выявлена цикличность проявления средних скоростей ветра 5–10 м/с (по данным ст. Томск): на исследуемой территории наблюдаются 11- и 22-летние циклы. Последний 11-летний цикл, зафиксированный с зимы 2006/07 гг. по 2016/17 гг., показал, что повторяемость скоростей ветра 5–10 м/с по сравнению с прошлым циклом (с 1987/88 по 2005/06 гг.) возросла и составляет 34–48,5 %.

Ветер исследуемого региона характеризуется порывистостью (см. рис. 2, д). В 60–80 % случаев непрерывная продолжительность порывистого ветра не превышает 1 ч, но зимой и в переходные сезоны порывистый ветер непрерывно может наблюдаться в течение 10 ч и более. Максимальная порывистость отмечается при средней скорости 7–10 м/с. Порывы ветра наблюдаются в осенне-зимний период исключительно при южном и юго-западном направлениях ветра [22].

Для всей территории Томской области характерно развитие метелей (общих, низовых, поземных), они возможны с октября по май, но наибольшая активность метелевых процессов наблюдается в декабре и январе. По данным Г.Г. Журавлева [23], за период 1966–2011 гг. среднее число дней с метелью в зоне подтайги — 5,2. Для территории ключевого участка наиболее метелевый месяц — декабрь, в котором число поземок на АМСГ Томск достигает 26 дней, а максимальная их продолжительность — 42,5 ч [22].

Д.М. Грей, Д.Х. Мэйл [24] отмечают, что во многих отношениях процесс метелевого переноса снега сходен с перевеванием песка в пустынях или сносом почвы в прериях. При этом критические значения скорости ветра, необходимые для начала метелевого переноса снега, малы и изменяются от 0,15 до 0,4–1 м/с в зависимости от срока выпадения и температуры.

Для характеристики снеговетровых процессов весьма важны скорости ветра на высоте до 1 м над поверхностью земли. Данные наших полевых наблюдений показывают, что скорости ветра на высоте 1 м над поверхностью земли в ХПГ, измеренные анемометром АРИ-49, значительны (табл. 2). Эпизодические замеры скорости ветра на высоте 15–20 см над поверхностью земли показали, что она достигает 2–2,5 м/с, возможно, и более.

Таблица 1

Повторяемость (%) средней скорости ветра по грациям

Станция, годы наблюдений	Скорость ветра, м/с			Примечания
	1–4	5–10	≥ 11	
Первомайское, 1966–2015	72,5	12	0,2	Наиболее часто повторяемость средней скорости ветра 5–10 м/с отмечалась с 1966 по 1990/91 гг. (от 11,5 до 28,4 % случаев). С 1991/92 гг. повторяемость таких ветров уменьшилась до 0,7–9,1 %
Томск, 1966–2017	68	15,9	0,5	В период с 1966/67 до 1986/87 гг. повторяемость ветра 5–10 м/с изменялась от 12 до 33,3 % (1968/69 гг.), затем с 1987/88 по 2005/06 гг. она снизилась — от 0 до 3,1 %. В период с 2006/07 по 2016–2017 гг. повторяемость средней скорости 5–10 м/с вновь возросла и изменялась от 34 до 48,5 % случаев

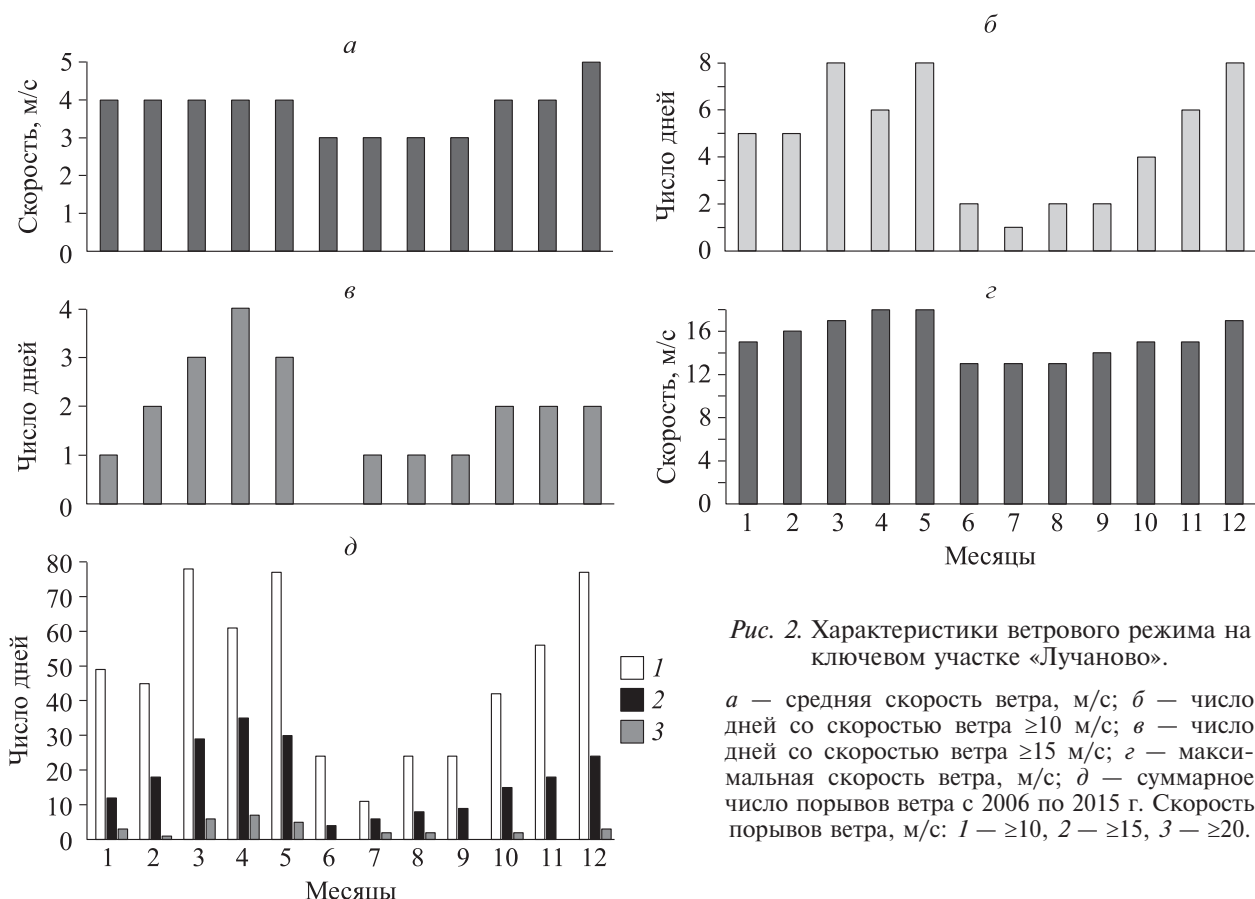


Рис. 2. Характеристики ветрового режима на ключевом участке «Лучаново».

a — средняя скорость ветра, м/с; *b* — число дней со скоростью ветра ≥ 10 м/с; *v* — число дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с; *z* — максимальная скорость ветра, м/с; *d* — суммарное число порывов ветра с 2006 по 2015 г. Скорость порывов ветра, м/с: 1 — ≥ 10 , 2 — ≥ 15 , 3 — ≥ 20 .

Таблица 2

Скорости ветра на высоте 1 м над поверхностью земли (на примере ряда лет)

Дата наблюдения	Преобладающая скорость ветра, м/с	Величина порывов, м/с	Снеговетровый процесс
22.04.1989 г.	2–4,5	До 20–25	Поземок с переносом снега и почвы. Комочки почв диаметром до 3–4 мм переносятся сальтацией на высоте до 0,5 м
25.09.1990 г.	0–5,5	До 15–20	Поземок, в перенос вовлечены почвы из очагов дефляции
01.04.2001 г.	1–6	До 12–15	Поземок с переносом частиц почвы диаметром до 2–3 мм
30.03.2003 г.	1–3	До 8	Поземок с переносом снега
27.03.2005 г.	3–6	До 20–21	Верховая метель (снег с дождем)
17.03.2016 г.	3–5	До 18	Низовая метель
15.04.2017 г.	3–7	До 17	Поземок, местами из очагов дефляции выдуваются почвы

Все вышесказанное свидетельствует о том, что для развития снеговетровых процессов условия благоприятны. Тридцатилетние наблюдения за СП на ключевом участке «Лучаново» показали, что ежегодно в агроландшафтах в ХПГ развиваются снеговетровые процессы, а также дефляция почв.

Снеговетровые процессы. Взаимодействие ветра и снега приводит к формированию аккумулятивных (сугробы, надувы) и дефляционных (заструги) форм рельефа. Сугробы, или снежные заносы — скопления снега во время снегопадов и метелей — наблюдаются в пределах исследуемого участка ежегодно и образуются, как правило, на подветренной стороне препятствий (лесополос, колков, насыпей дорог и др.) в результате местного снижения скорости ветра и выпадения излишков снега из снеговетрового потока.

Надувы, или снежные барханы, формируются во время сильного ветра за счет вызванного им перемещения снега. В отличие от сугробов, надувы образуются на открытой местности — полотно

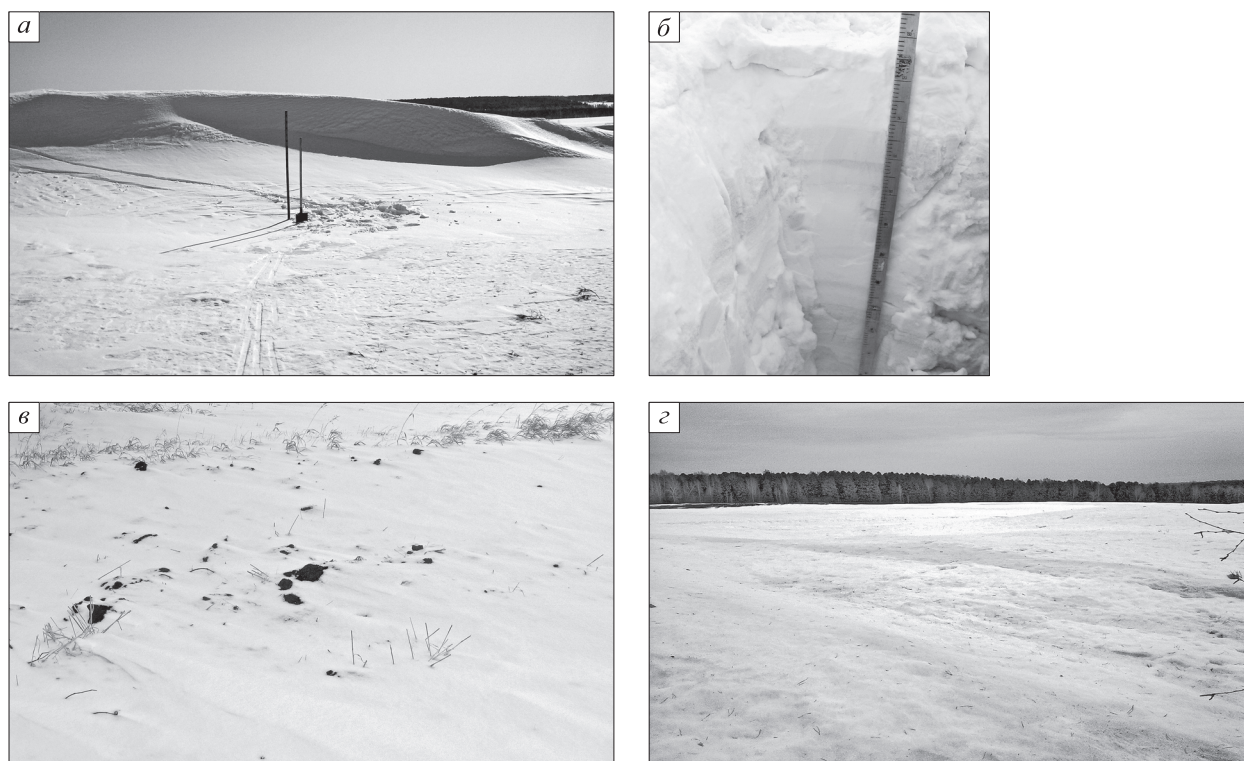


Рис. 3. Аккумулятивные и дефляционные формы рельефа на ключевом участке «Лучаново».

a — снежный бархан (14.03.2013; фото М.А. Каширо); *б* — загрязненные прослойки снега в разрезе (14.03.2015; фото М.А. Каширо); *в* — очаг дефляции (14.03.2015; фото М.А. Каширо); *г* — эоловые волны на поверхности снежного покрова (11.04.2015; фото З.Н. Квасниковой).

дороги, в районе прогалин в лесополосах. Они имеют форму полумесяца (рис. 3, *a*). Наиболее крупные снежные барханы мы наблюдали во время снегосъемок в 2003 и 2013 гг. Надув в 2003 г. образовался на полотне дороги, имел высоту до 176 см, длину более 3 м и ширину до 2 м. В 2013 г. снежный бархан высотой более 220 см сформировался в районе широкой прогалины у лесополосы. Его длина превысила 20 м (см. рис. 3, *a*).

Заструги — неподвижные, вытянутые по ветру, узкие и твердые снежные гребни — также развиваются на ключевом участке ежегодно. Их длина достигает нескольких метров, высота изменяется от 3–5 до 20–25 см. Снежные гребни перемежаются с ветровыми бороздами, формирующимися при вытачивании плотного снега переносимыми ветром снежными частицами.

Дефляция почв в ХПГ. Дефляция почв в ХПГ развивается за счет работы ветра во время метелевого переноса и в период начала снеготаяния. В первом случае метели и поземки на наветренных склонах распаханых балок и повышениях рельефа пашни подвергают дефляции и почвы, особенно вспаханные с осени. В результате в такие годы в снежной толще наблюдается от 1 до 5 загрязненных прослоек снега (см. рис. 3, *б*) [19]. Их толщина изменяется от 0,5 до 3 см, редко до 10–15 см. Размеры комочков почвы в прослойках достигают 2–3 мм. За 30 лет исследований (1988–2017 гг.) во время снегосъемок загрязненные прослойки снега на пашне зафиксированы в 13 случаях (43,3 %). Наибольшее количество прослоек (3–5) отмечалось в 1990, 2001, 2003, 2004, 2009 гг. За годы наблюдений в снежной толще на пашне накапливалось от 0,1 (2016 г.) до 1000 г/м² (2012 г.) эолового наноса, но чаще от 45 до 640 г/м². Для сравнения данных сделан анализ эоловой аккумуляции в расположенном рядом с пашней кедровом лесу, где она составляла от 0,1 до 24,6 г/м².

Во втором случае интенсивное развитие дефляции происходит в марте-апреле. Во время снегосъемок, проводимых в марте, на наветренных склонах и возвышенных участках пашни наблюдались очаги дефляции, их размеры изменялись от 10–20 см² до 4 га. За 30 лет очаги дефляции (см. рис. 3, *в*) отмечались в 56,7 % случаев (17 раз). Сильные ветры, подвергая эрозии почвы в очагах дефляции, уносят их частицы на разные расстояния, и при снижении скорости ветра в результате шероховатости

поверхности и перед препятствиями откладывают их на поверхности снега. В результате формируется эоловая рябь (волны) (см. рис. 3, з) — чередование сильно-, средне- и слабозагрязненных волн. Так, например, 14 апреля 2002 г. прошел снегопад. Выезд в поле 17 апреля 2002 г. показал, что эоловая рябь покрывает на 40–45 % поверхность снега южного склона пашни вокруг крупного очага дефляции. Отбор проб с площадок в 1 м² по профилю с поверхности снега показал, что на сильнозагрязненной эоловой волне у лесополосы нанос составил 224,5 г/м², на среднезагрязненной — 52,1 г/м², на слабозагрязненной — 28,6 г/м²; в среднем за сутки накапливалось от 9,53 до 74,83 г/м² эолового наноса. В годы слабого проявления эолового процесса концентрация пыли в пределах эоловых волн невелика. Например, с 15 марта по 15 апреля 2017 г. на эоловых волнах на южных склонах пашни аккумулировалось от 0,23 до 3,25 г/м², на северном склоне — до 2,74 г/м². В кедраче в этот же период накопление пыли достигало 2,15 г/м².

Весной во время снеготаяния сильные ветры на пашне формируют эоловую рябь на 70–75 % поверхности снега, в отдельные годы — до 90 % (2004 г.). Толщина эолового наноса на поверхности снега достигает значительных величин: 13 мм в 1996 г., 30 мм — в 2003 г. В составе отложений преобладают фракции пыли — от 46 до 83,5 %, содержание гумуса в пробах изменялось от 2,2 до 5,1 %. Эоловые отложения имеют тесную генетическую связь с почвами исследуемого района, но содержат, очевидно, и пыль, приносимую ветром из других регионов [19]. В целом интенсивность дефляции почв за исследуемый период, рассчитанная авторами по методике М.Е. Бельгибаева [25], сопоставима с уровнем дефляции в Даурской степи [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Толщина снежного покрова за многолетний период наблюдений в пределах исследуемой территории варьирует в широких пределах и зависит от интенсивности ветровых процессов, микрорельефа и растительности. На пахотных угодьях с расчлененным рельефом в годы интенсивного развития снеговетровых процессов (56,7 % зим) в очагах дефляции снежный покров отсутствовал, в то время как в сугробах у лесополос, в облесенных и распахиваемых депрессиях рельефа на пашне мощность СП неравномерная и колеблется от 80 до 240 см. Наибольшая толщина СП наблюдается на подветренной стороне лесополос. В кедровом лесу залегание СП более равномерное.

Анализ данных по скоростям ветра 5–10 м/с на АМСГ Томск за последние 10 лет показал, что повторяемость их в ХПГ была значительной и составила в октябре — 24,3 %, в ноябре — 32,4 %, в декабре — 41,9 %, в январе — 28,5 %, в феврале и марте по 29,3 %, в апреле — 22,3 %. Высокая степень повторяемости таких ветров в отдельные ХПГ приводит к дефляции не только снега, но и почв на наветренных склонах пашни. Частицы почвы аккумулируются в снежной толще, образуя прослойки загрязненного снега. Содержание эолового наноса в снежной толще варьирует от 0,1 до 1000 г/м²; в кедровом лесу за годы наблюдений — от долей грамма до 18–24,6 г/м² (2009/10 гг.).

Основная масса эоловых частиц переносится в слое воздуха на высоте менее 1 м над поверхностью земли. Об этом свидетельствует тот факт, что в пылеуловителях, размещенных на высоте 2 м (на наветренном склоне, в лесополосах и в кедровом лесу), масса эолового наноса, накопившаяся за период от установления устойчивого СП до проведения снегосъемки, значительно меньше, чем в снежной толще на пашне как в годы с активным развитием снеговетровых процессов, так и в годы с их слабым проявлением. Например, с 16 октября 2014 г. по 14 марта 2015 г. в шурфах снега на пашне накопилось от 48 до 336 г/м² эолового наноса, в кедраче — 10–12 г/м²; в пылеуловителях на наветренном склоне и в лесополосе на пашне — от 4,08 до 20,64 г/м².

Зимняя дефляция почв имеет и экологический аспект, так как происходит выдувание верхнего, наиболее плодородного горизонта почв, перенос его на разные расстояния и последующая аккумуляция. Эоловые осадки обладают тесной генетической связью с почвами исследуемой территории. В составе эоловых отложений преобладают фракции пыли и ила — от 46 до 96,5 %, а содержание гумуса в пробах изменяется от 2,2 до 5,1 % [19]. В эоловых осадках присутствует и пыль, приносимая воздушными потоками из других районов, но ее состав в бассейнах малых рек Томь-Яйского междуречья до настоящего времени изучен слабо.

Снеговетровые процессы развиваются в бассейнах малых рек, освоенных в сельскохозяйственном отношении, ежегодно, формируя большие различия в распределении СП по поверхности земли. Процессы зимней дефляции почв развиваются практически ежегодно, но с разной степенью интенсивности. Согласно классификации Е.М. Любцовой [27] на исследуемой территории можно выделить

годы с разной интенсивностью аккумуляции эолового материала в снежной толще: слабой — менее 50 г/м² (1988, 1993, 2007, 2016 гг. и др.); умеренной — 50–100 г/м² (2006, 2008, 2017 гг.); средней — 100–200 г/м² (2011 г.); сильной — 200–500 г/м² (1989, 2000–2002, 2015 гг. и др.); очень сильной — 500–1000 г/м² (1990, 2003, 2004, 2012 гг.).

Значительная залесенность бассейнов малых рек Томь-Яйского междуречья определяет локальное развитие зимней дефляции почв в агроландшафтах, отмечается цикличность ее проявления — от 1–2 до 5–6 лет. Это объясняется, на наш взгляд, особенностями циркуляции атмосферы, проявляющимися в различных метеорологических характеристиках, а также региональными синоптическими процессами. Дефляция в совокупности с эрозией почв приводит к трансформации пахотных почв, изменению микрорельефа пашни: наветренные склоны становятся круче, а в депрессиях и на лесополосах накапливаются эоловые наносы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Котляков В.М.** Значение снежного покрова в природе планеты и жизни человеческого общества // Экология северных территорий. — Новосибирск: Офсет, 2013. — С. 17–22.
2. **Рихтер Г.Д.** Роль снежного покрова в физико-географическом процессе // Труды Ин-та географии АН СССР. — 1948. — Вып. 40. — С. 64–75.
3. **Галахов Н.Н.** Снежный покров в лесу // Метеорология и гидрология. — 1940. — № 3. — С. 3–17.
4. **Нефедьева Е.А.** Снежный покров как геоморфологический фактор // География снежного покрова. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — С. 69–89.
5. **Бутюгин В.В.** Инженерная геодинамика снега. Норильский регион. — СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та аэрокосмич. приборостроения, 2008. — 200 с.
6. **Коломыц Э.Г.** Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. — М.: Наука, 2008. — 427 с.
7. **Коломыц Э.Г.** Теория эволюции в структурном снеговедении: Атлас-монография. — М.: ГЕОС, 2013. — 482 с.
8. **Herzberg J.** Frozen Water. The Ice Palace in Saint Petersburg 1739/40 // Экология северных территорий — Новосибирск: Офсет, 2012. — 319 с.
9. **Дюнин А.К.** Механика метелей. — Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1963. — 380 с.
10. **Инженерная геология России. Т. 2: Инженерная геодинамика территории России /** Под ред. В.Т. Трофимова, Э.В. Калинина — М.: Книжный Дом Университет, 2013. — 816 с.
11. **Евсеева Н.С., Плеханова Е.Б.** Рельеф Томь-Яйского междуречья // Вопросы географии Сибири. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1993. — Вып. 19. — С. 85–88.
12. **Евсеева Н.С.** Криогенные процессы и нивация в южной части Томской области // Вопросы географии Сибири. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1997. — Вып. 22. — С. 30–36.
13. **Гудымович С.С., Рычкова И.В., Рябчикова Э.Д.** Геологическое строение окрестностей г. Томска. — Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2009. — 84 с.
14. **Врублевский В.А., Нагорский М.П., Рубцов А.Ф., Эрвье Ю.Ю.** Геологическое строение области сопряжения Кузнецкого Алатау и Колывань-Томской складчатой зоны. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1987. — 90 с.
15. **Ландшафты болот Томской области /** Под ред. Н.С. Евсеевой. — Томск: Изд-во науч.-техн. лит-ры, 2012. — 399 с.
16. **Носырева О.В., Соян Д.А.** Снежный покров как фактор развития эрозии почв на юге Томской области // Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2017. — С. 311–315.
17. **Лойко С.В., Герасько Л.И., Кулижский С.П.** Природные условия западного макросклона Томь-Яйского междуречья. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. — 56 с.
18. **Долгилович М.И., Васильев Ю.И., Сажин А.Н.** Системы лесных полос и ветровая эрозия. — М.: Лесная промышленность, 1981. — 160 с.
19. **Евсеева Н.С., Квасникова З.Н.** Интенсивность и цикличность проявления эоловых процессов в агроландшафтах зоны подтайги бассейна Нижней Томи (Западная Сибирь) // Вестн. Том. ун-та. — 2015. — № 397. — С. 233–239.
20. **Ларионов Г.А.** Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественная оценка. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. — 200 с.
21. **Климат Томска /** Под ред. С.Д. Кошинского. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — 140 с.
22. **Слуцкий В.И.** Климатическая характеристика аэропорта Томск: Справочник. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2005. — 221 с.
23. **Журавлев Г.Г.** Динамика метелей Томской области в современный период // Вестн. Том. ун-та. — 2013. — № 369. — С. 181–187.

24. **Снег:** Справочник / Под ред. Д.М. Грея, Д.Х. Мэйла. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 751 с.
25. **Бельгибаев М.Е., Федорович Б.А.** Процессы аккумуляции дефлируемых почв // Проблемы освоения пустынь. — 1972. — № 6. — С. 44–49.
26. **Баженова О.И., Кобылкин Д.В., Макаров С.А., Рогалева Н.Н., Силаев А.В., Черкашина А.А.** Реконструкция эоловых процессов в степях Даурии в аридные фазы рельефообразования // География и природ. ресурсы. — 2015. — № 3. — С. 126–137.
27. **Любцова Е.М.** Эоловая миграция вещества и ее роль в распространении фтора в ландшафтах юга Минусинской котловины // География и природ. ресурсы. — 1994. — № 2. — С. 86–91.

Поступила в редакцию 01.04.2018

После доработки 01.04.2018

Принята к публикации 19.09.2019