

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК 551.435.7(-925.11)

**ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ
КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ ДЕФЛЯЦИИ ПОЧВ
В АГРОЛАНДШАФТАХ (НА ПРИМЕРЕ ЮГА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)**

© 2021 г. Н. С. Евсеева^а, З. Н. Квасникова^{а, *}, М. А. Каширо^а, М. А. Волкова^а, О. В. Носырева^а

^аТомский государственный университет, Томск, Россия

*e-mail: zojkwas@rambler.ru

Поступила в редакцию 29.05.2019 г.

После доработки 16.03.2021 г.

Принята к публикации 27.04.2021 г.

Проведена оценка режима ветра как фактора риска развития дефляции почв в агроландшафтах юга Томской области на основе многолетних данных метеорологических станций Бакчар и Первомайское (1965–2015 гг.), Томск (1965–2017 гг.) и АМСГ Томск (1991–2015 гг.). Скорости ветра более 6 м/с на высоте флюгера способны вызывать дефляцию почв. Почвы региона, вовлеченные в агропроизводство, имеют преимущественно суглинисто-глинистый гранулометрический состав. Ветроустойчивость их к сильным ветрам слабая. Показатель дефляционной опасности почв, рассчитанный по методике, предложенной М.Е. Бельгибаевым, изменяется в основном от 0.2 до 1.2, т.е. почвы исследуемого региона сильноподатливые и среднеподатливые. Дефляция почв на юго-востоке Западно-Сибирской равнины (в пределах Томской области) развивается как в холодное (октябрь–апрель), так и в теплое (май–сентябрь) время года.

Ключевые слова: Западно-Сибирская равнина, Томская область, ветер, дефляция, ветроустойчивость почв

DOI: 10.31857/S258755662104004X

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства защита почв от эрозии и дефляции – важнейшие проблемы мирового земледелия. По разным оценкам эти процессы охватывают огромные площади во всем мире: водной эрозии подвержены 32%, а ветровой – 34% суши (Толчельников, 1990). Согласно S.A. El-Swaify (1999), водная эрозия распространена на площади 1094 млн га, а ветровая – 549 млн га. В связи с этим актуально изучение факторов развития дефляции почв, в том числе имеющих региональные особенности, таких как ветер, ветроустойчивость (дефляционная опасность) почв и хозяйственная деятельность человека.

В названных аспектах режим ветра и дефляционная опасность почв агроландшафтов юго-востока зоны подтайги и подзоны южной тайги Западно-Сибирской равнины изучены слабо. В.Е. Мусохранов (1983) при характеристике почвенно-эрозионных зон Западной Сибири по степени и видам проявления эрозионных процессов относит южную часть Томской области к III подзоне среднего смыва и среднего размыва (3–8 м³/га) и слабой дефляции (до 3 м³/га). В пределах изучаемой территории к III подзоне относятся Кожев-

никовский, Шегарский, Асиновский, Кривошеинский, Томский, Зырянский, Молчановский и южные части Первомайского и Тегульдетского административных районов (рис. 1).

К.С. Кальянов (1986), проанализировав осадки, температурный режим и ветры территории России, отнес исследуемую территорию к 3 классу, в котором степень влияния климата на развитие эоловых процессов в теплое время года (апрель–октябрь) значительная, а в холодный период года (ноябрь–март) – пониженная (4 класс). Согласно данным института “Запсибгипрозем”, опасность проявления дефляции на юге и юго-востоке территории Томской области отсутствует, а развитие водной эрозии слабое (Основы ..., 1989). В перечисленных работах ветроустойчивость почв и хозяйственная деятельность человека как факторы развития эоловых процессов практически не рассматривались, как и подробный анализ ветрового режима.

Наши исследования факторов и интенсивности развития водной эрозии от стока талых снеговых вод в агроландшафтах юга Томской области показали, что в пределах пашни, на вырубках развиваются и эоловые процессы (Евсеева и др., 2018, 2016, 2013). Ветровая эрозия проявляется в

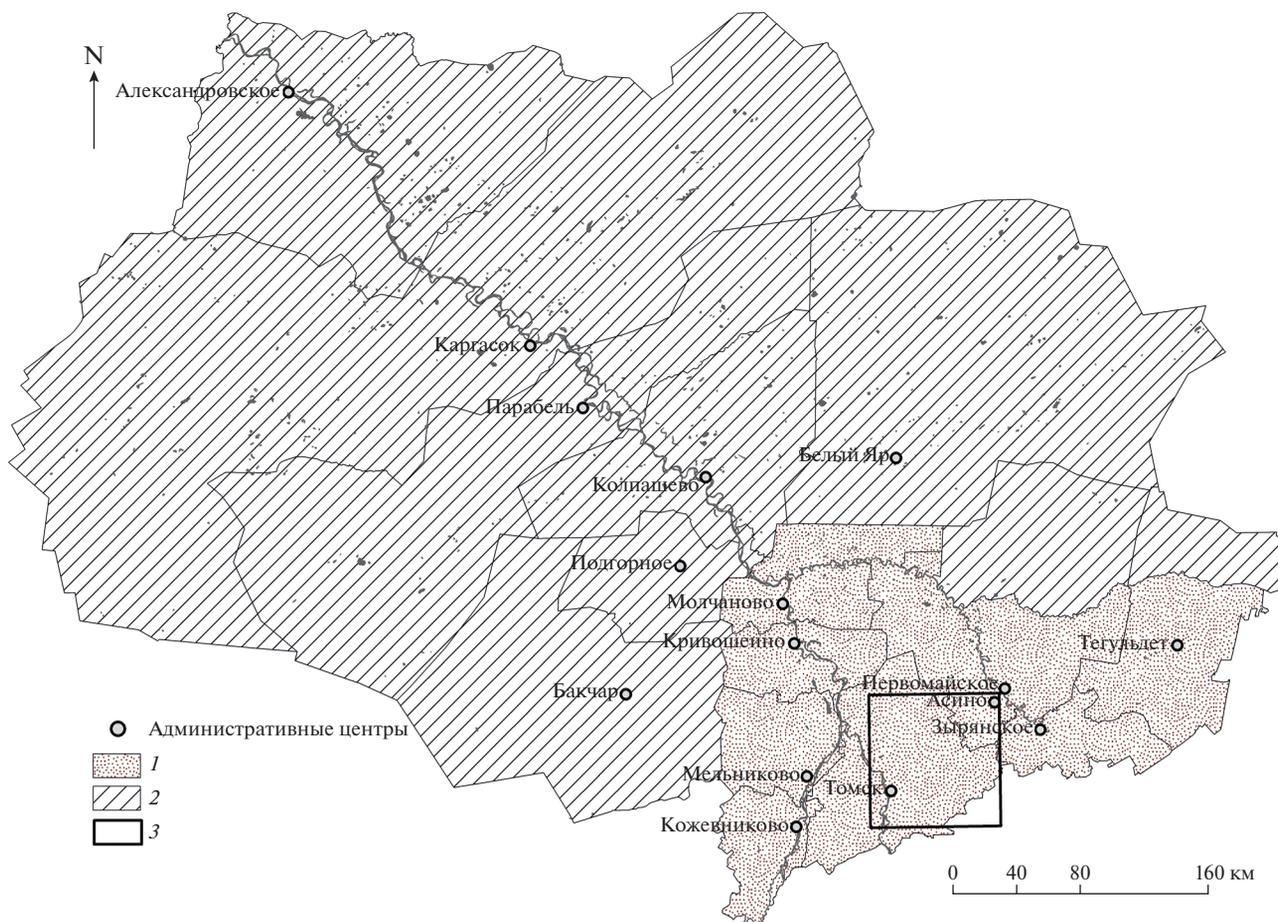


Рис. 1. Картохема проявления почвенно-эрозионных процессов на территории Томской области [по (Мусохранов, 1983)]: 1 – III подзона среднего смыва и среднего размыва, слабой дефляции; 2 – V подзона слабого смыва и слабого размыва; 3 – исследуемый район.

течение всего года, в том числе и в холодный период (ХПГ) (октябрь–апрель), а не только в теплый (май–начало июня), когда почва агроландшафтов еще не закреплена растительностью. Ранее исследование дефляции ХПГ и факторов ее развития, в том числе ветрового режима, в пределах южной части Томской области не проводились.

Цель данной работы – анализ ветрового режима холодного периода года (октябрь–апрель) и оценка ветроустойчивости почв юго-востока Западно-Сибирской равнины (в пределах Томской области).

ОБЪЕКТ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – территория юга и юго-востока Томской области как одна из наиболее освоенных в сельскохозяйственном отношении (рис. 2). Климат континентальный. Средняя температура января – -19°C ... -20°C , июля – $+18^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков – 600–630 мм

в год, на холодный период года приходится около 34%. Снежный покров за 30-летний период (1989–2018 гг.) в 23 случаях устанавливался во второй-третьей декадах октября, с этого времени и происходит накопление пыли в его толще. Сход снежного покрова, как правило, происходит в апреле, но сугробы в депрессиях рельефа пашни, у лесополос и кромок леса в отдельные годы сохраняются до первой декады мая. Толщина снежного покрова на пашне за годы наблюдений в среднем составила на склонах южной экспозиции 53 см, северных – 57 см.

Наиболее пригодными для земледелия являются автоморфные почвы, приуроченные к хорошо дренируемым местоположениям. Классификационно они относятся к серым лесным (с выделением подтипов светло-серых, серых, темно-серых) с участием дерново-подзолистых почв, а на крайнем юге – черноземов выщелоченных и оподзоленных (Хмелев и др., 2001). Серые лесные почвы, получившие наибольшее распространение, развиваются в основном на покровных лес-

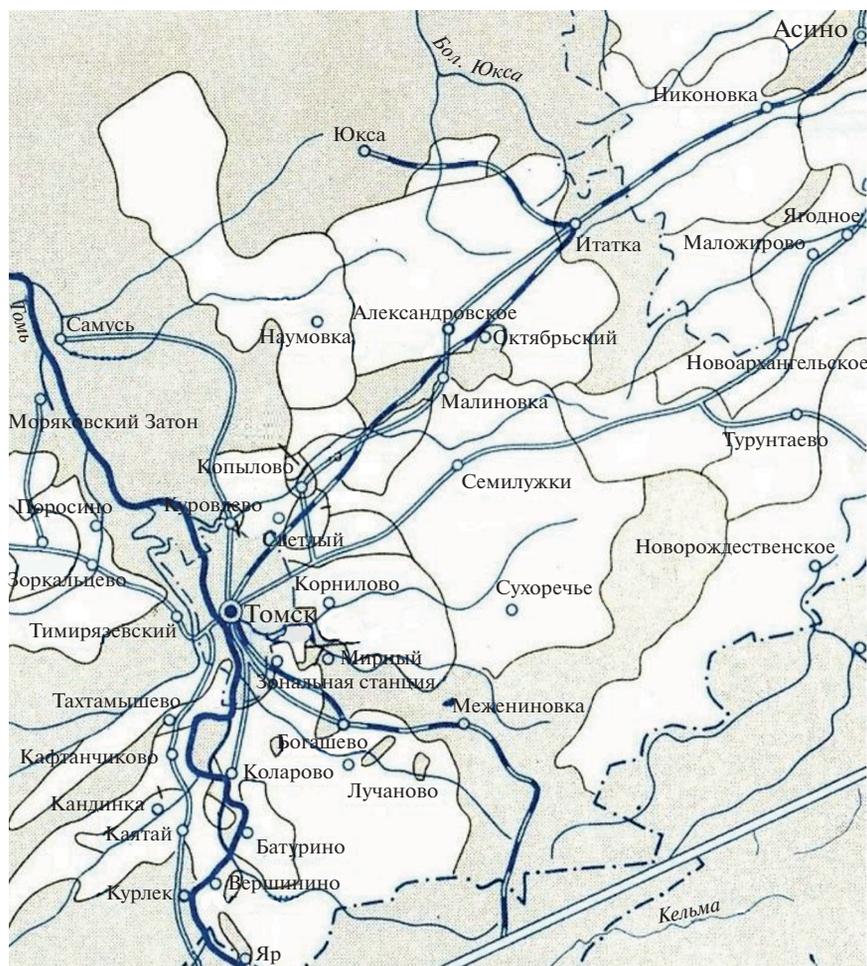


Рис. 2. Фрагмент схемы границ землепользования сельскохозяйственных предприятий (белый цвет) юго-востока Томской области.

совидных суглинках и глинах. Преобладающими фракциями в почвах являются крупная пыль и ил. Темно-серые лесные почвы по своим свойствам близки к черноземам оподзоленным и характеризуются сравнительно мощным гумусовым горизонтом А1, 40–50 см (Бельгибаев, 1973).

Исходными материалами для статьи послужили историко-географические, картографические, литературные источники; данные по скорости ветра за холодный период года (октябрь–апрель) метеорологических станций Томск (1965–2017 гг.), Первомайское (1965–2015 гг.), расположенных в зоне подтайги, и Бакчар (1955–2015 гг.) в подзоне южной тайги. Данный отрезок времени выбран с учетом периода до начала существенных изменений климатических факторов, начавшихся в 70-е годы XX в., для более объективной оценки скоростей ветра.

Для ключевого участка “Лучаново” (в 20 км юго-восточнее г. Томска, пашня) использованы данные наблюдений станции Томск (АМСГ Томск), расположенной среди сельскохозяй-

ственных угодий на открытой местности. Рассчитаны среднегодовые скорости ветра за 1991–2017 гг. с момента начала полевых наблюдений по опорным профилям за накоплением эолового осадка в толще снега и на его поверхности, проанализированы ежечасные данные метеорологических наблюдений по скоростям и направлению ветра, рассчитана их повторяемость по направлениям и скорости ≥ 10 м/с. При изучении ветровой эрозии необходимо учитывать режим ветра не только за длительные периоды времени (50–60 лет), но и за последние 10–15 лет. Вследствие чего данные по скорости ветра взяты из климатического архива ВНИИГМИ – МЦД¹ Томского ЦГМС, из дневников погоды АВ-6 АМСГ Томск. При обработке материалов использовались пакеты программ MS Excel, включающие стандартные методы обра-

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. <http://meteo.ru/data>

ботки рядов наблюдений на основе математической статистики и графических методов.

Полевые исследования эоловых процессов в течение 1989–2018 гг. включали ежегодные снего съемки по опорным профилям на ключевых участках в микромасштабе (замеры толщины снега через 5–20 м в зависимости от микрорельефа), маршрутные обследования; наблюдения за накоплением эолового наноса в снежной толще и на его поверхности на пашне и в кедровом лесу. Ежегодно производился отбор проб снега и почв с последующим изучением их гранулометрического и химического составов, содержания гумуса; определялась глубина оттаивания почв на склонах разной экспозиции; анемометром АРИ-49 измерялась скорость ветра на высоте 1.0 м над поверхностью земли и др.

Кроме того, согласно методике М.Е. Бельгибаева (1973) рассчитана противодефляционная устойчивость почв, а также рассмотрено влияние хозяйственной деятельности на развитие эоловых процессов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Природные и антропогенные факторы развития эоловых процессов. Для развития эоловых процессов необходимо сочетание следующих факторов: обнаженная поверхность, выровненная или наклонная, сложенная рыхлыми осадками; ветровой поток, длительно действующий со скоростями более 4 м/с; открытая местность, не создающая преград для переноса пылевато-песчаных частиц. Всем названным условиям отвечают распаханная земля, пастбища, нарушенные земли разного назначения. Вследствие этого эоловые процессы на исследуемой территории развиваются преимущественно в агроландшафтах, а в естественных условиях они незначительны.

Из истории земледельческого освоения. Освоение природных ресурсов региона началось в позднем палеолите (20–25 тыс. л.н.). Местное население занималось охотой, рыболовством, собирательством. У томских татар развивалось скотоводство и мотыжное земледелие (Очерки ..., 1968). С приходом русских стало развиваться пашенное земледелие и формироваться система сельского расселения: к концу XVII в. в Томском крае был один город (Томск), с десятков крепостей-острогов, 13 сел и 139 деревень, сосредоточенных в южной части области. Общая площадь “государева” поля в начале XVII в. составляла около 350 десятин (382.2 га), а запашки томских земледельцев были в десять раз обширнее (Бояршинова, 1951; Кабо, 1949). С проявлением дефляции почв столкнулись уже первые земледельцы. Так, в 1641 г. томские служилые люди сообщали в

Москву: “...хлебу недород, потому что была зима студеная, а снега были мелкие и на тех на наших пашнишках на горех рожь из земли корень выдуло ветром...” (Бояршинова, 1951, с. 112).

По состоянию на 1 января 2018 г. площадь сельскохозяйственных угодий составила 1371 тыс. га, в том числе пашня – 678.9 тыс. га, пастбища – 204.5 тыс. га, многолетние насаждения – 9.4 тыс. га и залежь – 1.3 тыс. га (Государственный ..., 2018). Около 90% площади пашни сосредоточено в южной половине Томской области. Сведение леса, распашка земель привели к развитию эоловых процессов, в том числе и в холодный период года (октябрь–апрель), так как ветры в это время наиболее сильные.

Ветровой режим. Исследуемая территория относится к району сильного ветра (Грингоф, Клещенко, 2011; Природные ..., 2002). Согласно районированию территории страны по максимальной скорости в год, она входит в IV–VI районы, где скорости ветра достигают 24–34 м/с. Кроме того, вероятно возникновение смерчей – 1 смерч в 6–10 лет. Примеры проявления сильных ветров в южной части Томской области многочисленны: 26 апреля 2014 г. в Бакчаре – 28 м/с, в Молчаново – 26 м/с; 21 октября 2015 г. на АМСГ Томск – 25 м/с, в Степановке – 28 м/с; 27 апреля 2015 г. – в Мельниково – 25 м/с; 31 марта 2017 г. – на АМСГ Томск – 27 м/с и др. (Государственный ..., 2018). В течение года на исследуемой территории на всех станциях, в том числе на АМСГ Томск, преобладают ветры юго-западного направления (210–220).

В табл. 1 приведены данные о повторяемости средней скорости ветра и динамике ветрового режима за последние 50 лет. Исследования Ю.С. Толчельникова (1990) показали, что при скоростях ветра от 2 до 5 м/с на месте остаются частицы менее 0.01 мм и более 1 мм, а частицы крупной пыли (0.01–0.05 мм) выносятся за пределы территории. Б.А. Федорович (1975) отмечает, что среднегодовые скорости ветра в 4.5–5 м/с способны вызвать дефляцию почв, а скорости 1.5–2.5 м/с – оседание пылевой взвеси. Анализ табл. 1 показывает, что скорости ветра на исследуемой территории способны как вызвать дефляцию почв, так и привести к аккумуляции взвешенных частиц.

При скорости ветра ≥ 6 м/с на высоте флюгера и отсутствии осадков устанавливается ветроэрозивная погода, и дефляции подвергаются почвы с легким гранулометрическим составом; при скорости ≥ 10 м/с – почвы с тяжелым механическим составом (Евсеева и др., 2018; Кальянов, 1976; Lancaster, 2009). По мнению авторов, наиболее объективно режим ветра характеризуют данные АМСГ Томск, расположенной на открытой местности. Средняя скорость ветра за 1991–2015 гг. по

Таблица 1. Повторяемость (%) средней скорости ветра по градациям за октябрь–апрель

Станция, годы наблюдений	Скорость ветра, м/с			Примечания
	1–4	5–10	>11	
Первомайское 1965–2015 гг. (подтайга)	72.5	12.0	0.2	Наиболее часто повторяемость средней скорости ветра 5–10 м/с отмечалась с 1965 по 1990–1991 гг. (от 11.5 до 28.4% случаев). С 1991–1992 гг. повторяемость таких ветров уменьшилась до 0.7–9.1%
Бакчар 1965–2015 гг. (южная тайга)	71.0	20.0	0.2	В период 1965–1976 гг. повторяемость средней скорости ветра 5–10 м/с изменялась от 11 до 23.1% случаев; в течение 1977–1981 гг. повторяемость таких ветров снизилась до 0.6–6.2%, а в период с 1982 по 2005 г. возросла до 17.6–39.2%, в 2013–2015 гг. составила 23–25.2%
Томск 1965–2017 гг. (подтайга)	68.0	15.9	0.5	В период с 1965–1967 до 1986–1987 гг. повторяемость ветра 5–10 м/с изменялась от 12.0 до 33.3% (1968/69 г.), затем с 1987–1988 по 2005–2006 гг. повторяемость таких ветров снизилась – от 0 до 3.1%. В период с 2006–2007 по 2016–2017 гг. повторяемость средней скорости ветра 5–10 м/с вновь возросла и изменялась от 34.0 до 48.5% случаев

данном АМСГ Томск составила 4 м/с, тогда как по ГМС Томск – менее 2 м/с. Углубленный анализ режима ветра за ХПГ 2011–2017 гг. по станции АМСГ Томск показал, что повторяемость скорости ветра 5–10 м/с в среднем составила 50.4%, 11–15 м/с – 30.4%, >16 м/с – 7.9%. Максимальная повторяемость средней скорости составила 3–5 м/с (44%). Более подробные сведения о режиме ветра в течение года можно получить, проанализировав данные об ежечасных скоростях ветра за 2006–2015 гг. по данным АМСГ Томск.

Для развития дефляции наиболее опасны ветры со скоростью ≥ 10 м/с на высоте флюгера (Кальянов, 1976). Среднее число дней за 2006–2015 гг. со скоростью ≥ 10 м/с составило 807. Максимальное число дней с такой скоростью отмечалось в марте – 78 дней, мае и декабре – по 77, минимальное – в июле – 11 дней. Максимальное число дней со скоростью ≥ 15 наблюдалось в апреле (7 дней). 27 марта 2017 г. зафиксирована максимальная скорость – 27 м/с. Таким образом, сильные ветры чаще наблюдаются в ХПГ и весной, когда снег практически сошел с полей, а почва не защищена растительностью.

Ветер исследуемого региона также характеризуется порывистостью (Кадастр ..., 2002). В 60–80% случаев непрерывная продолжительность порывистого ветра не превышает 1 ч, но зимой и в переходные сезоны года порывистый ветер может наблюдаться в течение 10 ч и более. Максимальная порывистость ветра отмечается при средней скорости 7–10 м/с (до 75.1%). Средняя максимальная скорость ветра с учетом порывов достигает 24 м/с (Журавлев, 2013). Порывы ветра в осенне-зимний период наблюдаются исключительно при южном и юго-западном направлении ветра. По нашим полевым наблюдениям скорость ветра при порывах на высоте 1 м над поверхностью земли на пашне достигает 20–25 м/с.

На залегание снежного покрова, его толщину также оказывают влияние метели (общие, низовые, поземные). Наибольшая их активность отмечается в декабре–январе, когда в среднем наблюдается до 6 дней с метелью (Горбатенко и др., 2018; Журавлев, 2013). Средняя продолжительность метели в день с метелью изменяется от 1.3 до 5.5 ч. Среднее число дней за год по станциям Томской области (см. рис. 1) за период с 1966 по 2017 г. составило: Бакчар – 11.2; Томск – 14.6; Кожевниково – 19.6; Молчаново – 16.9; Тегульдэт – 23.2; Первомайское – 24.9 (Горбатенко и др., 2018); на территории ключевого участка по данным АМСГ Томск – до 26 дней, а максимальная их продолжительность достигает 42.5 ч.

Сильные ветры во время метелей, порывы ветра сдувают снег с наветренных склонов южной экспозиции и возвышенных участков пашни, обнажают почвы. Размеры очагов дефляции изменяются от первых m^2 до 3 га, а время их существования от нескольких суток до очередных снегопадов (рис. 3). Поверхность пашни подвергается морозному выветриванию и оказывается подготовленной к развитию дефляции, т.к. верхний слой почвы иссушается, становится рыхлым до глубины 5 см и более. Почвенные агрегаты разрушаются до эрозионно-опасных фракций (Кальянов, 1976). В период залегания снежного покрова перенос снега и почвы происходит одновременно, поэтому в снежной толще появляются грязные прослойки снега (Евсеева и др., 2018).

Дефляционная опасность почв. Как отмечают многие исследователи, среди причин, обуславливающих податливость почв к ветровой эрозии, – их распыленность и структурное состояние. Степень податливости почв к дефляции можно определить на основе анализа их гранулометрического состава. М.Е. Бельгибаев предложил отношение процентного содержания физической глины (<0.01 мм) к



Рис. 3. Очаги дефляции на склоне пашни южной экспозиции ключевого участка “Лучаново” (фото М.А. Каширо, март 2019).

процентному содержанию физического песка ($>0.01-1.0$ мм) в пробе назвать показателем дефляционной опасности почв (ПДО), который определяется для верхних горизонтов почв (0–10, 10–20 см) (Бельгибаев, 1973). Значения ПДО распределяются следующим образом: 0–0.3 – очень сильно податливые; 0.3–0.6 – сильно податливые; 0.6–1.2 – средне податливые; 1.2–2.0 и более – слабо податливые. Почвы региона исследования в основном суглинисто-глинистые, в их гранулометрическом составе преобладают фракции пыли и ила. Содержание гумуса в почвах изменяется в значительных пределах – от 1.9 до 9.68%. Расчет ПДО по гранулометрическому составу произведен для более чем 100 образцов почв юга Томской области с использованием исследований А.Г. Дюкарева (2005), В.П. Серединой и др. (Серединая, Спирина, 2005), а также О.Э. Мерзлякова, В.Н. Назарова и других исследователей (Евсеева и др., 2016). Ветроустойчивость (ПДО) почв изменяется у дерново-подзолистых почв (11 образцов) от 0.2 до 1.5, но преобладают значения в интервале 0.3–1.0; у серых лесных почв и их подтипов (36 проб) – от 0.2 до 2.0; доминируют значения от 0.6 до 1.2. У черноземов выщелочных и оподзоленных (6 проб) – от 1.0 до 2.4.

Наиболее изучены нами почвы ключевых участков “Лучаново” и “10 км” на пашне бассейна р. Басандайки (см. рис. 2). Расчет ПДО почв на ключевых участках “Лучаново” (55 проб) и “10 км” (6 проб) показал, что у вовлеченных в агропроизводство серых лесных почв он изменяется от 0.2 до 2.0–2.8, но преобладают значения в интервале 0.3–0.6 (22 пробы) – 36.1% и 0.6–1.2 (37 проб) или 60.6%. Примеры расчета ПДО приведены в табл. 2. Таким образом, согласно значениям ПДО, почвы исследуемого региона относятся к сильно и средне-податливым к дефляции (96.71%).

На развитие эоловых процессов на пашне существенное влияние оказывает мезо- и микро-рельеф: на наветренных склонах и повышениях происходит усиление скорости ветра, приводящее к образованию очагов дефляции, а выпадение частиц почв из ветрового потока наблюдается вблизи препятствий в виде кромок леса, лесополос, в депрессиях разного генезиса. Свойства почвы оказывают решающее влияние на суммарную потерю массы, размеры и взаимное расположение формирующихся зон ветровой эрозии. Тяжелым по гранулометрическому составу почвам свой-

Таблица 2. Гранулометрический состав и показатель дефляционной опасности почв юга Томской области

Местоположение разреза	Горизонт, см	Содержание фракций, %						ПДО
	Гумус, %	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	
Серая лесная, кедрач. Между- дуречье Томи и Басандайки вблизи с. Лучаново	$\frac{0-24}{8.17}$	0.45	19.22	52.46	9.32	7.11	10.94	0.4
Микроводораздел на южном склоне пашни. Междуручье Томи и Басандайки	$\frac{0-10}{3.66}$	0.80	15.20	44.00	8.00	12.00	20.0	0.7
Наветренный склон пашни. Междуречье Томи и Басан- дайки вблизи с. Лучаново	$\frac{0-10}{3.74}$	1.20	14.20	48.90	3.60	8.60	23.5	0.5
Темно-серая лесная, пашня, плакор. Междуречье Томи и Басандайки	$\frac{0-20}{8.52}$	0.27	11.56	29.18	12.72	11.04	32.21	0.6
Темно-серая лесная темногу- мусовая (лесополоса). Меж- дуречье Томи и Басандайки вблизи с. Лучаново	$\frac{5-15}{6.28}$	0.38	7.11	30.00	14.10	10.43	33.23	1.1
Серая лесная, пашня, бас- сейн р. Басандайки	$\frac{0-10}{3.6}$	1.30	23.42	37.88	10.56	12.68	14.16	0.6
Край кедрового леса вблизи с. Ипатово, бассейн р. Басан- дайки	$\frac{0-10}{8.17}$	0.45	19.22	52.46	9.82	7.11	10.94	0.4
Серая лесная, пашня. Меж- дуречье Томи и Басандайки, “10 км”	$\frac{0-10}{5.63}$	2.20	25.00	34.70	2.80	8.20	27.10	0.6

ственно равномерное по площади выдувание и близкое к описанному выше, закономерное сочетание зон эрозии, тогда как песчаным и супесчаным почвам – неравномерное, сопровождаемое образованием выдувов и соседствующих с ними бугров наноса (Кальянов, 1976; Толчельников, 1990).

Аккумуляция эолового материала происходит неравномерно: в годы активного развития процесса в снежной толще ключевого участка “Лучаново” визуально наблюдается от одной до пяти загрязненных прослоек снега толщиной от 1–2 до 10–12 см. Отбор проб снега из всей толщи по профилям показал, что за время залегания устойчивого снежного покрова в нем накапливается от 1–15.5 до 824–1848 г/м² эоловых частиц. Интенсивно дефляция почв проявляется и во время снеготаяния (март–апрель), когда сильные ветры быстро иссушают почвы в очагах дефляции. Выдутые из очагов дефляции почвенные ча-

стицы отлагаются на поверхности снега, покрывая до 70–90% исследуемого участка пашни, а толщина наноса местами достигает 13–30 мм.

Степень загрязнения эоловых волн также неравномерна. Отбор проб с поверхности снега (площадь 1 × 1 м) по опорным профилям длиной до 800 м показал накопление почвенных частиц от долей грамма до 320 г/м² за короткий промежуток времени. Во время интенсивного проявления дефляции (конец апреля – начало мая) по зяби на пашне нами наблюдались микросмерчи и горизонтальный перенос почвенных частиц на высоте до 30–50 см над поверхностью участка агроландшафта.

Развитие эоловых процессов в холодный период года на пашне в районе исследования неравномерно во времени и пространстве. Так, за 1989–2018 гг. усиление эоловых процессов отмечалось в

Таблица 3. Примеры интенсивности эоловой седиментации в разные годы наблюдений на пашне южной экспозиции ключевого участка юго-востока Томской области

Годы Сроки наблюдений	Количество суток	Интенсивность аккумуляции, пашня (в среднем значении), г/м ²	Толщина снежного покрова, см	Загрязненные прослойки в шурфе, шт.	Агрофон
1989–1990 30.10–25.03	144	301.0	53	До 5	Зябь боронованная
1991–1993 27.10–24.03	147	4.2	52	Визуально не определялись	Чередование зяби и всходов трав
2002–2003 15.10–15.03	150	550.0	51	1–3	Зябь с куртинами трав
2011–2012 29.10–02.03	123	752.4	29	1–4	Чередование зяби и всходов многолетних трав
2014–2015 16.10–14.03	148	266.0	69	1–5	Грубая зябь по стерне
2016–2017 15.10–15.03	150	22.0	70	Визуально не определялись	Зябь с контурным боро- нованием
2018–2019 26.10–16.03	130	23.2	56	Визуально не определялись	Зябь боронованная

1989–1990 и в 2001–2005 гг., а также в 2012 и в 2015 гг. В 1990 г., например, в снежной толще пашни накопилось до 512 г/м² почвенных частиц; в 2012 г. — до 1848 г/м², а рядом расположенном кедровом лесу — до 6.6 г/м². В эоловых осадках преобладают фракции пыли, содержание гумуса в ряде проб достигает 4–5%, осадки имеют тесную генетическую связь с почвами региона. Во время снеготаяния очаги дефляции на пашне подвергаются и смыву почв разной степени интенсивности (Евсеева и др., 2013).

ВЫВОДЫ

Почвы исследуемого региона дефляционно-опасны, их ПДО изменяется в основном от 0.2 до 1.2. Дефляция почв на пашне носит очаговый характер и проявляется в холодный период года с разной степенью интенсивности. Установлено, что за 30-летний период проявление интенсивного процесса отмечалось в 1990, 2003, 2012, 2015 гг. (табл. 3).

Ветер региона характеризуется порывистостью. Когда скорость порыва ветра превышает критическую, развивается дефляция, при снижении порыва ветра ниже критической движение

почвенных частиц прекращается и происходит их аккумуляция.

На развитие эоловых процессов на пашне существенное влияние оказывает рельеф: почвы ветроударных склонов и вершины положительных микроформ рельефа подвергаются дефляции, а на остальной части пашни происходит в основном аккумуляция почвенных частиц.

Кроме того, развитие эоловых процессов (дефляции и аккумуляции) зависит от толщины снежного покрова, состояния агрофона (зябь, стерня, всходы озимых и т.д.). Интенсивность аккумуляции эолового материала в снежной толще изменяется от слабой (0–50 г/м²) до сильной (500–1000 г/м²).

Генетический эоловый нанос тесно связан с почвами региона, содержание гумуса в нем достигает 4–5%. Весной на пашне одновременно проявляются два негативных для почв процесса — ветровая и водная эрозия.

Таким образом, агроландшафты юга-востока Томской области являются не только зоной накопления эолового материала, но и характеризуются значительным развитием дефляционных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бельгибаев М.Е.* К методике выявления и картографирования дефляционноопасных почв Северного Казахстана // Оценка и картографирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. С. 286–289.
- Бояршинова З.Я.* К вопросу о развитии русского земледелия в Томском уезде в XVII веке // Вопросы географии Сибири. Томск, 1951. Вып. 2. С. 85–140.
- Горбатенко В.П., Журавлев Г.Г., Носырева О.В., Волкова М.А., Кижнер Л.И., Константинова Д.А.* Современные изменения климатических условий, определяющих накопление снега на автомобильных дорогах Томской области // Фундаментальная и прикладная климатология. 2018. № 4. С. 39–54.
- Государственный доклад “О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2017 году” / глав. ред. Ю.В. Лунева. Томск: Дельтаплан, 2018. 158 с.
- Грингоф И.Г., Клещенко А.Д.* Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 1. Потребности сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельского хозяйственного производства погодные условия. Обнинск: ФГБУ “ВНИИГМИ – МЦД”, 2011. 808 с.
- Дюкарев А.Г.* Ландшафтно-динамические аспекты таежного почвообразования в Западной Сибири. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 284 с.
- Евсеева Н.С., Квасникова З.Н., Каширо М.А., Батманова А.С.* Стадийность развития эоловых процессов в агроландшафтах бассейнов малых рек Томской области в холодный период года // Изв. Саратовского ун-та. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2018. Т. 18. Вып. 2. С. 80–87.
- Евсеева Н.С., Квасникова З.Н., Каширо М.А., Батманова А.С., Назаров В.В., Мерзляков О.Э.* Скорости седиментации эоловой пыли в лесополосах на пашне подтайги юго-востока Западно-Сибирской равнины // Географический вестник. 2016. № 3 (38). С. 5–15.
- Евсеева Н.С., Пашнева Г.Е., Квасникова З.Н.* Делювиальный процесс в агроландшафтах юга Томской области и его эколо-геоморфологические аспекты // Вестн. Томского гос. ун-та. Биология. 2013. № 4 (24). С. 7–19.
- Журавлев Г.Г.* Динамика метелей Томской области в современный период // Вестн. Томского гос. ун-та. 2013. № 369. С. 181–187.
- Кабо Р.М.* Города Западной Сибири. М.: Географгиз, 1949. 209 с.
- Кадастр возможностей / под ред. Б.В. Лукутина. Томск: Изд-во НТЛ, 2002. 280 с.
- Кальянов К.С.* Динамика процессов ветровой эрозии почвы. М.: Наука, 1976. 143 с.
- Кальянов К.С.* Развитие эоловых процессов и ветровой эрозии почв на территории СССР // География процессов эрозии. 1986. С. 2–24.
- Мусохранов В.Е.* Использование эродированных земель в Западной Сибири. М.: Россельхозиздат, 1983. 191 с.
- Основы использования и охраны почв Западной Сибири / С.С. Трофимов, В.И. Щербин, В.В. Геймхе, И.М. Гаджиев и др. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. 226 с.
- Очерки истории Томской области. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1968. 116 с.
- Природные опасности России. Природные опасности и общество / под ред. В.А. Владимировой, Ю.А. Воробьева, В.И. Осипова. М.: Издательская фирма “КРУК”, 2002. Т. 1. 248 с.
- Середина В.П., Спирина В.В.* Почвообразование в подтаежной зоне Западной Сибири. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 284 с.
- Толчельников Ю.С.* Эрозия и дефляция почв. Способы борьбы с ними. М.: Агропромиздат, 1990. 158 с.
- Федорович Б.А.* Аридные процессы и морфоскульптуры в СССР // Морфоскульптура и экзогенные процессы на территории СССР. М., 1975. С. 112–179.
- Хмелев В.А., Каличкин В.К., Азаренко В.Г., Шипилин Н.Н.* Агроэкологические основы землепользования в Томской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 255 с.
- El-Swaify S.A.* With an international group of contributors. Sustaining the Global farm – Strategic Issues, Principles, and Approaches. International Soil Conservation Organization (ISCO), and the Department of Agronomy and Soil Science. Honolulu, Hawaii, USA: Univ. of Hawaii at Manoa, 1999. 60 p.
- Lancaster N.* Aeolian features and processes // Geological Monitoring / R. Young, L. Norby. Boulder, Colorado: Geological Society of America, 2009. P. 4–25.

Wind Regime of the Southeast of the West Siberian Plain as a Risk Factor for the Soil Deflation Development in Agricultural Landscapes (the Case of the South of Tomsk Oblast)

N. S. Yevseyeva¹, Z. N. Kvasnikova^{1,*}, M. A. Kashiroy¹, M. A. Volkova¹, and O. V. Nosyreva¹

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

*e-mail: zojkwas@rambler.ru

The article analyzes in detail the wind regime of the cold period of the year (October–April) and assesses the deflationary danger of soils in the southern part of the Tomsk Oblast. The source materials were historical-geographical, cartographic, literary sources, wind speed data for the cold period of the weather stations Tomsk (1965–2017), Pervomayskoye (1965–2015) located in the subtaiga zone, and Bakchar (1965–2015) in

the southern taiga subzone. For the key section (20 km to the south-east of Tomsk), were used data from observations of the Tomsk aerometric station (AMSC Tomsk), located among agricultural land in an open area (1991–2015). Hourly data on wind speed and direction were analyzed for 2006–2015. Soil resistance to wind erosion is calculated according to the dependence proposed by M.E. Belgibaev. The ratio of the percentage composition of physical clay (less than 0.01 mm) and physical sand (0.01–1.0 mm) was proposed to be called the deflationary hazard indicator (DHI). This indicator is determined for the upper soil horizons (0–10 and 10–20 cm). The value of the DHI is distributed as follows: 0–0.3, very much pliable; 0.3–0.6, very pliable; 0.6–1.2, moderately pliable; 1.2–2.0 or more, slightly pliable. Soil deflation occurs unevenly in time and space and is cyclical in nature from 1–2 to 5–6 years. In the snow layer, up to 824–1848 g/m² of aeolian particles accumulate during the years of active manifestation (2012). Deflation is most intense in the cold period of the year in the little-snowy winter during blowing snow. In addition, the process develops unevenly due to the influence of the meso- and micro-relief of arable land. Aeolian deposits in the snow layer are closely related to the soils of the region, the humus content reaches in them 5.1%.

Keywords: Western Siberia, Tomsk Oblast, wind, deflation, soil resistance to wind

REFERENCES

- Bel'gibaev M.E. On a technique for identifying and mapping deflationally hazardous soils in the Northern Kazakhstan. In *Otsenka i kartografirovaniye erozionnoopasnykh i deflyatsionnoopasnykh zemel'* [Evaluation and Mapping of Erosion-prone and Deflationally Hazardous Lands]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1973, pp. 286–289. (In Russ.).
- Boyarshinova Z.Ya. On the question of the development of Russian agriculture in the Tomsk district in the XVII century. In *Voprosy geografii Sibiri* [Problems of Geography of Siberia]. Tomsk, 1951, vol. 2, pp. 85–140. (In Russ.).
- Dyukarev A.G. *Landshaftno-dinamicheskie aspekty taizh-nogo pochvoobrazovaniya v Zapadnoi Sibiri* [Landscape-Dynamic Aspects of Taiga Soil Formation in Western Siberia]. Tomsk: NTL Publ., 2005. 284 p.
- El-Swaify S.A. *Sustaining the Global Farm – Strategic Issues, Principles, and Approaches*. Honolulu, Hawaii, USA: Int. Soil Conservation Organization (ISCO), and the Department of Agronomy and Soil Sci., Univ. of Hawaii at Manoa, 1999. 60 p.
- Evseeva N.S., Kvasnikova Z.N., Kashiro M.A., Batmanova A.S., Nazarov V.V., Merzlyakov O.E. Sedimentation rates of aeolian dust in forest belts on arable land are subtaiga of the Southeast of the West Siberian Plain. *Geogr. Vestn.*, 2016, vol. 38, no. 3, pp. 5–15. (In Russ.). doi 10.17072/2079-7877-2016-3-5-15
- Evseeva N.S., Kvasnikova Z.N., Kashiro M.A., Batmanova A.S. Stadiial development of aeolian processes in the agrolandscapes of the basins of small rivers of the Tomsk region in the cold period of year. *Izv. Saratov. Univ., Novaya Ser. Ser.: Nauki o Zemle*, 2018, vol. 18, no. 2, pp. 80–87. (In Russ.).
- Evseeva N.S., Pashneva G.E., Kvasnikova Z.N. Deluvial process in agricultural landscapes in the south of the Tomsk region and its ecological and geomorphological aspects. *Vestn. Tomsk. Gos. Univ. Biol.*, 2013, vol. 24, no. 4, pp. 7–19. (In Russ.). doi 10.17223/19988591/24/1
- Fedorovich B.A. Arid processes and morphosculptures in the USSR. In *Morfoskul'ptura i ekzogennye protsessy na territorii SSSR* [Morphosculpture and Exogenous Processes in the USSR]. Moscow, 1975, pp. 112–179. (In Russ.).
- Gorbatenko V.P., Zhuravlev G.G., Nosyreva O.V., Volkova M.A., Kizhner L.I., Konstantinova D.A. Modern changes in climatic conditions that determine the accumulation of snow on the roads of the Tomsk region. *Fundamental'naya i Prikladnaya Klimatologiya*, 2018, no. 4, pp. 39–54. (In Russ.).
- Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy Tomskoi oblasti v 2017 godu"* [State Report on the State and Environmental Protection in the Tomsk Region in 2017]. Lunev Yu.V., Ed. Tomsk: Del'taplan Publ., 2018. 158 p.
- Gringof I.G., Kleshchenko A.D. *Osnovy sel'skokhozyaistvennoi meteorologii* [Basics of Agricultural Meteorology]. Vol. 1: *Potrebnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v agrometeorologicheskikh usloviyakh i opasnye dlya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva pogodnye usloviya* [Requirements of Agricultural Crops for Agrometeorological Conditions and Weather Conditions Dangerous for Agricultural Production]. Obninsk: VNIIGMI-MTsD, 2011. 808 p.
- Kabo R.M. *Goroda Zapadnoi Sibiri* [Cities of Western Siberia]. Moscow: Geografiz Publ., 1949. 209 p.
- Kadastr vozmozhnostei* [Cadaster of Opportunities]. Lukutina B.V., Ed. Tomsk: NTL Publ., 2002. 280 p.
- Kal'yanov K.S. The development of aeolian processes and wind erosion in the USSR. In *Geografiya Protsesov Eroзии* [Geography of Erosion Processes]. 1986, pp. 2–24. (In Russ.).
- Kal'yanov K.S. *Dinamika protsesov vetrovoi eroзии pochvy* [Dynamics of Wind Erosion Processes]. Moscow: Nauka Publ., 1976. 143 p.
- Khmelev V.A., Kalichkin V.K., Azarenko V.G., Shipilin N.N. *Agroekologicheskie osnovy zemlepol'zovaniya v Tomskoi oblasti* [Agroecological Basics of Land Use in Tomsk Region]. SO RAN, 2001. 255 p.
- Lancaster N. Aeolian features and processes. In *Geological Monitoring*. Young R., Norby L., Eds. Boulder, Colorado: Geol. Soc. Am., 2009, pp. 4–25.
- Musokhranov V.E. *Ispol'zovanie erodirovannykh zemel' v Zapadnoi Sibiri* [Use of Eroded Land in Western Siberia]. Moscow: Rosselkhozizdat Publ., 1983. 191 p.
- Ocherki istorii Tomskoi oblasti* [Essays on the History of the Tomsk Region]. Tomsk: Tomsk Gos. Univ., 1968. 116 p.
- Osnovy ispol'zovaniya i okhrany pochv Zapadnoi Sibiri* [Basics of the Use and Protection of Soils in Western Siberia].

- ria]. Trofimov S.S., Shcherbin V.I., Geimkhe V.V., Gadzhiev I.M. et al., Eds. Novosibirsk: Nauka Publ., 1989. 226 p.
- Prirodnye opasnosti Rossii. Prirodnye opasnosti i obshchestvo* [Natural Hazards in Russia. Natural Hazards and Society], vol. 1. Vladimirov V.A., Vorob'ev Yu.A., Osipov V.I., Eds. Moscow: KRUK Publ., 2002. 248 p.
- Seredina V.P., Spirina V.V. *Pochvoobrazovanie v podtaezhnoi zone Zapadnoi Sibiri* [Soil Formation in the Subtaiga Zone of Western Siberia]. Tomsk: NTL Publ., 2005. 284 p.
- Tolchel'nikov Yu.S. *Eroziya i deflyatsiya pochv. Sposoby bor'by s nimi* [Soil Erosion and Deflation. Ways to Deal with Them]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1990. 158 p.
- Zhuravlev G.G. Dynamics of blizzards in the Tomsk region in the modern period. *Vestn. Tomsk. Gos. Univ.*, 2013, vol. 369, pp. 181–187. (In Russ.).