

УДК 911.2:551.4  
DOI 10.17513/use.38304

## ВЕТРОВАЯ ЭРОЗИЯ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ: ИНТЕНСИВНОСТЬ И ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Евсеева Н.С., Квасникова З.Н., Каширо М.А., Гальченко А.С.

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»,  
Томск, e-mail: zojkwas@rambler.ru*

Цель исследования – выявление видов проявления дефляции почв и оценка интенсивности ее развития в агроландшафтах бассейна р. Басандайки, расположенного на юго-востоке зоны подтайги Западной Сибири, а также анализ содержания химических элементов в твердых атмосферных выпадениях. Для оценки интенсивности развития дефляции почв были использованы пассивные пылеуловители, размещенные на различных ключевых участках агроландшафта в бассейне р. Басандайки юго-востока Томской области. Анализ данных полевых наблюдений позволил выявить три вида проявления ветровой эрозии: зимнее выдувание почв, дефляция во время снеготаяния, местная ветровая эрозия – и оценить ее интенсивность за период с 1989 по 2023 г. В зависимости от агрофона и режима ветра дефляция изменялась от 1–2 до 5–8 т/га. Наиболее активно ветровая эрозия почв проявлялась в последнее десятилетие: с 2014 по 2023 г. Наблюдения показали, что дефляция почв в холодный период года активнее развивается на наветренных и выпуклых формах рельефа пашни исследуемого района, где образуются очаги эрозии, достигающие по площади около 4 га. Ветровая эрозия приводит к механической миграции химических элементов. Макро- и микроэлементы, в том числе имеющие первостепенное значение для сельскохозяйственных растений (кальций, магний, фосфор, калий), перемещаются из очагов дефляции на разные расстояния. Основная масса твердого осадка пылеуловителей исследуемой территории имеет местное происхождение, об этом свидетельствует схожесть его гранулометрического и химического состава с почвами пашни. В теплое время года возможен приток атмосферных выпадений регионального переноса.

**Ключевые слова:** ветровая эрозия, интенсивность дефляции, агроландшафты, миграция элементов, Томская область

## WIND EROSION OF SOIL IN AGROLANDSCAPES IN THE SOUTHEAST OF THE TOMSK REGION: INTENSITY AND ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ASPECTS

Evseeva N.S., Kvasnikova Z.N., Kashiro M.A., Galchenko A.S.

*National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: zojkwas@rambler.ru*

The purpose of the study is to identify the types of manifestations of soil deflation and assess the intensity of its development in the agricultural landscapes of the river basin. Basandaika, located in the southeast of the subtaiga zone of Western Siberia, as well as analysis of the content of chemical elements in solid atmospheric fallout. To assess the intensity of soil deflation, passive dust collectors were used, located in various key areas of the agricultural landscape in the river basin. Basandaiki of the south-east of the Tomsk region. Analysis of field observation data made it possible to identify three forms of wind erosion: winter soil blowing, deflation during snowmelt, local wind erosion and to estimate its intensity for the period from 1989 to 2023. Depending on the agricultural background and wind conditions, deflation varied from 1–2 t/ha to 5–8 t/ha. Wind soil erosion has been most active in the last decade: from 2014 to 2023. Observations have shown that soil deflation in the cold period of the year develops more actively on windward and convex forms of arable land relief in the study area, where pockets of erosion are formed, reaching an area of about 4 hectares. As a result of wind erosion, mechanical migration of chemical elements occurs. Macroelements and microelements, including those of primary importance for agricultural plants: calcium, magnesium, phosphorus, potassium, move from deflation centers to different distances. The bulk of the solid sediment from dust collectors in the study area is of local origin, as evidenced by the similarity of its granulometric and chemical composition with arable soils. During the warm season, an influx of regional atmospheric fallout is possible.

**Keywords:** wind erosion, deflation intensity, agricultural landscapes, element migration, Tomsk region

### Введение

В условиях современной цивилизации эрозия почв – одна из глобальных проблем окружающей среды и земледельцев многих стран [1, 2]. Водная и ветровая (дефляция) эрозии почв – опасные природные и природно-антропогенные процессы, приводящие к снижению ее плодородия,

осложнению социально-экономических и санитарно-экологических состояний территорий. Исследователи отмечают, что каждый год в России с пахотных угодий из-за водной и ветровой эрозии сносится свыше 500 млн т плодородной части почв, особенно ярко это проявляется там, где пахотные угодья расположены на склонах раз-

личной крутизны. Ежегодный ущерб от водной и ветровой эрозии в стране превышает 9,7 млрд долл. [3]. В докладе ученых Почвенного института им. В.В. Докучаева отмечено, что на территории нашей страны «более 61 млн га сельскохозяйственных угодий относятся к дефляционно опасным и подверженным ветровой эрозии. Почвы с явным проявлением признаков дефляции занимают около 6%, а дефляционно опасные – 35% пашни страны. Около 7,5% почв естественных кормовых угодий страны также подвержены дефляции» [4, с. 9]. В.В. Звонков отмечал, что «теоретическим исследованиям ветровой эрозии земли (дефляции) до сих пор, за редким исключением, почти не уделялось внимание, хотя ее последствия нередко превосходили результаты водной эрозии» [5, с. 86]. Исследованию водной эрозии почв посвящены работы ряда ученых – М.С. Кузнецова, Г.П. Глазунова [2], В.В. Звонкова [5], М.Н. Заславского [6], Л.Ф. Литвина, В.Н. Голосова [7] и др. Но до настоящего времени география и интенсивность эрозионных процессов почвенного покрова на территории некоторых регионов России, в том числе в Западной Сибири, где дефляции подвержено не менее 25% [8] площади пашни, практически не изучены, поэтому актуальность детальных полевых исследований ветровой эрозии не вызывает сомнений.

**Цель исследования** – выявление видов проявления дефляции почв в агроландшафтах бассейна р. Басандайки, расположенного в юго-восточной части подтаежной зоны Западной Сибири в пределах Томь-Яйского междуречья, а также оценка интенсивности

развития ветровой эрозии и анализ содержания химических элементов в твердых атмосферных выпадениях из пылеуловителей по данным полевых наблюдений.

#### Материалы и методы исследования

Объект исследования – агроландшафты бассейна р. Басандайки (рис. 1). Изучаемая территория характеризуется полого-увалистым рельефом с абсолютными высотами от 100 до 270 м. Сельскохозяйственные угодья расположены в основном на верхних частях склонов междуречья и выровненных участках исследуемого речного бассейна. Депрессии и балки междуречья заняты березово-осиновой растительностью с примесью сосны. Почвенный покров агроландшафтов представлен в основном серыми лесными разностями на лессовидных суглинках.

Ветровую эрозию в настоящее время изучают разными способами. Авторами для фиксирования и анализа аккумуляции выпадений из атмосферы были использованы два метода: атмогеохимический (в холодный период года (ХПГ)) и пылеуловителей (в течение всего года). Отбор проб снега для атмогеохимического анализа осуществлялся в последней декаде марта (на завершающем этапе ХПГ), по линиям опорных профилей ландшафтно-геоморфологических снегосъемок, заложенных с учетом элементов рельефа и ориентированных по направлениям ветропылевого переноса. Пробы снега отбирались не только с открытых участков сельхозугодий (пашни), но и в центре кедрового леса и лесополос исследуемой территории.

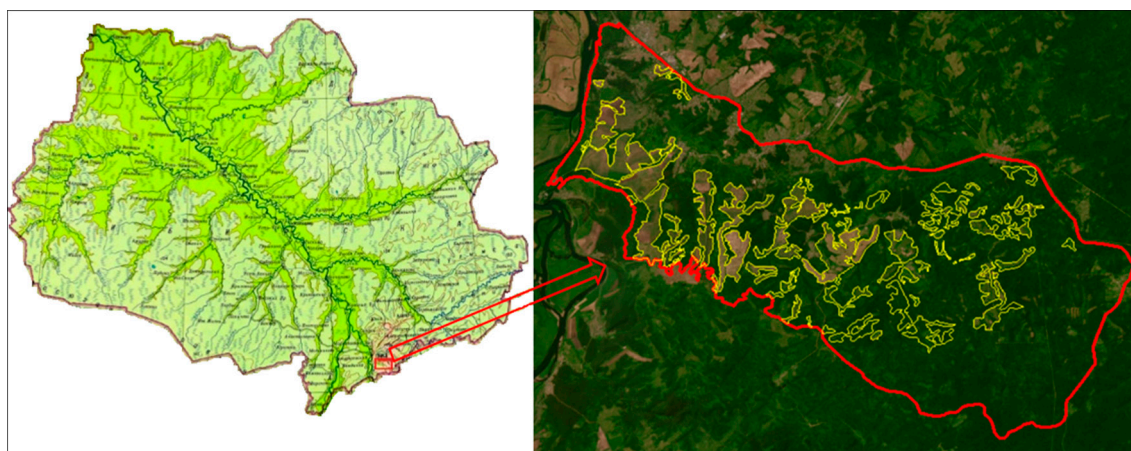


Рис. 1. Местоположение бассейна р. Басандайки в пределах Томь-Яйского междуречья на юго-востоке Томской области (с выделенными на снимке сельскохозяйственными землями)

Наиболее широко при изучении дефляции почв применяют также пылеуловители или пескоуловители различных типов. Для изучения ветровой эрозии в течение всего года авторами был использован простой и удобный метод устройства пылеуловителя, разработанный М.К. Рехейс из Геологической службы США [9]. В соответствии с этим методом в различных урочищах агроландшафтов на высоте 2 м были установлены емкости-пылеуловители. Высота установки пылеуловителей обусловлена тем, что большинство перемещаемых ветром частиц почвы (размерностью с песчинку и более) происходит до высоты 1–2 м, подъем частиц зависит от синоптических условий, скорости ветра, состояния поверхности почвы и растительности, покрывающей почву. В отличие от одноразового отбора снеговых проб, применяемого для атмогеохимического метода, образцы, собранные из пылеуловителей, позволяют анализировать эрозионные процессы как в холодный, так и в теплый периоды года.

Общее количество проб, собранных за многолетний период исследований, более 350, в том числе 149 образцов из толщи снега за период устойчивого залегания, 159 образцов с поверхности снега во время снеготаяния за разные промежутки времени и 50 проб из пылеуловителей. После сбора образцы подвергались тщательной обработке и различным анализам. В данной статье приведен анализ содержания химических элементов в пробах твердого (эолового) осадка пылеуловителей, определенный с помощью количественного ИСП-МС анализа в лаборатории центра коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета, аккредитованной для данных видов работ.

Необходимым условием развития дефляции почв является ветер, скорости которого достаточны для перемещения частиц. Анализ литературных источников о ветровом режиме исследуемой территории, проведенный авторами в [10, 11], и данных Авиационной метеорологической станции гражданской (АМСГ) Томск за период с 2006 по 2023 г. позволяет отнести южную и юго-восточную части Западно-Сибирской равнины к району сильного ветра. Скорости ветра на изучаемой территории в течение года достигают 25–34 м/с, ветер характеризуется порывистостью (турбулентностью): зимой и в переходные сезоны года порывистый ветер может наблюдаться в течение

10 ч и более, хотя в 30–60% случаев непрерывная продолжительность такого ветра не превышает 1 ч. Кроме того, раз в 6–10 лет возможно образование смерча, а в теплый период года в районе г. Томска отмечаются сухие шквалы. Они возникают при низкой влажности подоблачного слоя (27–42%), например в течение 1991–2003 гг. наблюдался 61 случай со шквалами, в 6,6% случаев из них – сухие шквалы, со скоростью ветра 15 м/с и более [10]. Преобладающие ветры на исследуемой территории – юго-западного и южного направлений. Интенсивная ветровая деятельность наблюдается преимущественно в переходные сезоны, что указывает на сезонную динамику и вариативность ветровой активности. Дефляция почв особенно интенсивно развивается при скоростях ветра, превышающих 10 м/с. Анализ данных по режиму ветра АМСГ Томск за 17-летний период (с 2006 по 2023 г.), проведенный авторами, показал значительные колебания дней с интенсивными ветрами: наименьшее количество дней со скоростью ветра, превышающей 10 м/с, было зафиксировано в 2013 г. – 75 дней, а в 2020 г. количество подобных дней составило 195, что является максимальным показателем. Количество дней со скоростью ветра  $\geq 15$  м/с также различно: в 2016 г. наблюдалось 19 подобных дней, а в 2017 г. – 46 дней, что также является максимальным значением. Наибольшая максимальная скорость ветра за исследуемый период была зафиксирована весной (март – апрель) в 2011, 2014, 2015, 2020 гг. и достигала 25 м/с. Осенью такие скорости ветра наблюдаются преимущественно в октябре, особенно показательными были 2014 и 2018 гг.

Кроме размеров эродируемого поля и скоростей ветра на суммарную потерю почвы при дефляции оказывает влияние и гранулометрический состав почв. Изучение авторами гранулометрического состава почв и занимаемых ими пространств, показывает, что около 33% почв пашни региона относится к категории сильноподатливых к ветровой эрозии, а более 57% – среднеподатливые почвы [12].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Механизмы развития дефляции почв опубликованы в работах М.С. Кузнецова, Г.П. Глазунова [2], Г.А. Ларионова [13] и других исследователей. Виды дефляции зависят от ее внешних признаков таких как интенсивность, продолжительность и масштабы

территории. Многолетние авторские исследования позволили выделить на юго-востоке Томской области три вида дефляции: выдувание почвы зимой вместе со снегом; дефляция почв во время снеготаяния; повседневная или местная дефляция в теплый период года. Развитие каждого из названных видов дефляции имеет свои особенности. Наблюдения за интенсивностью развития дефляции почв проводились в два этапа: с 1988–1989 гг. по 2011–2012 гг., когда исследования осуществлялись только на основе атмогеохимического анализа за период устойчивого залегания снежного покрова и в период снеготаяния; и в период с 2013–2014 по 2023 г., когда изучение дефляции почв дополнилось наблюдениями в пылеуловителях.

*Дефляция почв во время залегания устойчивого снежного покрова (СП).* Наиболее интенсивное проявление зимней ветровой эрозии наблюдается в те годы, когда зима малоснежная и почва агроландшафтов не защищена от морозного выветривания. В таких условиях она иссушается, становится рыхлой, вплоть до глубины 5 см и более [5]. Под действием ветров снег сдувается с полей и уносит с собой верхние сухие почвенные фракции, перенося их на разные расстояния, в результате чего в сугробах на кромке лесополос исследуемой территории появляются прослойки снега с почвенными частицами (рис. 2, а). Ежегодные исследования авторов толщины СП показали, что

за последние 30 лет отмечалась значительная ее вариация: от 22 см до 85 см, средняя многолетняя – 58 см. Залегание снежного покрова в бассейне р. Басандайки неравномерное и зависит от микрорельефа, наличия участков леса, лесополос, режима ветров. Например, в сугробах у лесополос толщина СП достигает 1,5–2,4 м, на повышениях и наветренных склонах пашни мощность СП мала и составляет всего 30 см и менее, поэтому здесь чаще всего образуются дефляционные очаги (рис. 2, б), размеры которых изменяются от десятков квадратных сантиметров до 3–4 га. Зимнее выдувание почв – пространственно ограниченное явление, чаще всего оно проявляется в масштабах одного поля или двух соседних полей. За период наблюдений установлено, что наиболее интенсивно зимнее выдувание почв отмечается в мало- и среднеснежные зимы, когда агрофон представлен зябью. В такие годы в толще снега накапливалось наибольшее количество эолового наноса – примерно от 4,0 тыс. до 11,6 тыс. кг/га и отмечалось от 1 до 7 прослоек загрязненного снега, толщиной от 1–7 мм до 17 см (рис. 2, а). В случае сложного агрофона: зябь, всходы озимых, стерня, скошенный и не убранный лен – эоловые процессы развивались от слабых до умеренных, в толще снега и скапливалось от 2,0 до 140 г/м<sup>2</sup> пылеаэрозолей часто без визуально наблюдаемых загрязненных прослоек.

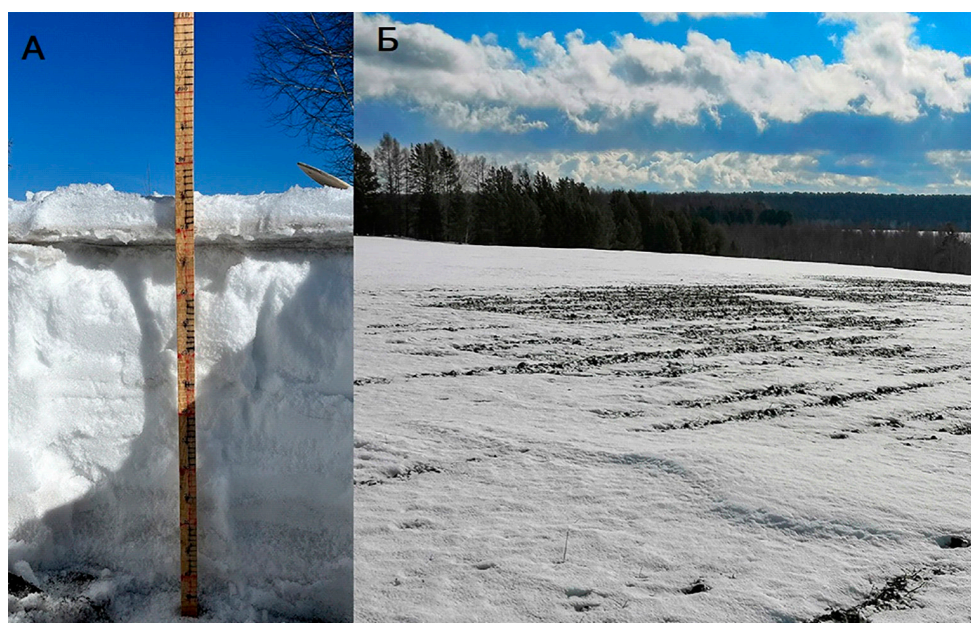


Рис. 2. Аккумулятивные и дефляционные процессы:  
 а – прослойки снега с частицами почвы (фото А.С. Гальченко, 18.03.2023);  
 б – очаги дефляции на поверхности пашни (фото М.А. Каширо, 14.03.2019)

*Дефляция почв во время снеготаяния.* Во время снеготаяния, начинающегося в марте и достигающего максимальной интенсивности в апреле, при положительных температурах воздуха значительные участки пашни освобождаются от снега и подвергаются воздействию сильных ветров, что приводит к быстрому обсыханию верхнего слоя почв и его дефляции. Выдутые частицы почвы переносятся от очага дефляции и осаждаются на поверхность снега с образованием эоловой ряби (рис. 3). При интенсивном развитии процесса выдувания эоловая рябь покрывает до 70–90% поверхности снега, а толщина наноса до 30 мм. Скорости осаждения пыли в холодный период года могут достигать 0,32 г/м<sup>2</sup> сут. После бурь на поверхности снега может накапливаться значительное количество почвенных частиц – до 23,6 г/м<sup>2</sup> в сутки. Степень загряз-

нения эоловых волн различна – от долей грамма до 336 г/м<sup>2</sup>.

*Повседневная или местная дефляция* характерна для теплого периода года, особенно весной после схода снежного покрова, когда наблюдается весенний максимум деятельности ветра, а почвы агроландшафтов незадернованы или слабо задернованы всходами культур. Проявления местной ветровой эрозии различны: это пыльные столбы («микросмерчи»), поземки (рис. 4); во время сухих шквалов на пашне образуются пыльные завесы, по высоте превышающие кроны деревьев (май 2003 г.). Кроме того, перемещение почвенных масс происходит при проведении агротехнических мероприятий, особенно в засушливые годы и при порывах ветра, когда вспашка и/или боронование поднимают частицы почвы на высоту 5–10 м.



Рис. 3. Эоловый материал на поверхности снега у лесополосы в агроландшафтах: а – фото З.Н. Квасниковой (24.04.2015); б – фото А.С. Гальченко (18.03.2023)



Рис. 4. Пыльная поземка на пашне в пределах бассейна р. Басандайки  
(фото А.С. Гальченко, 05.05.2023)

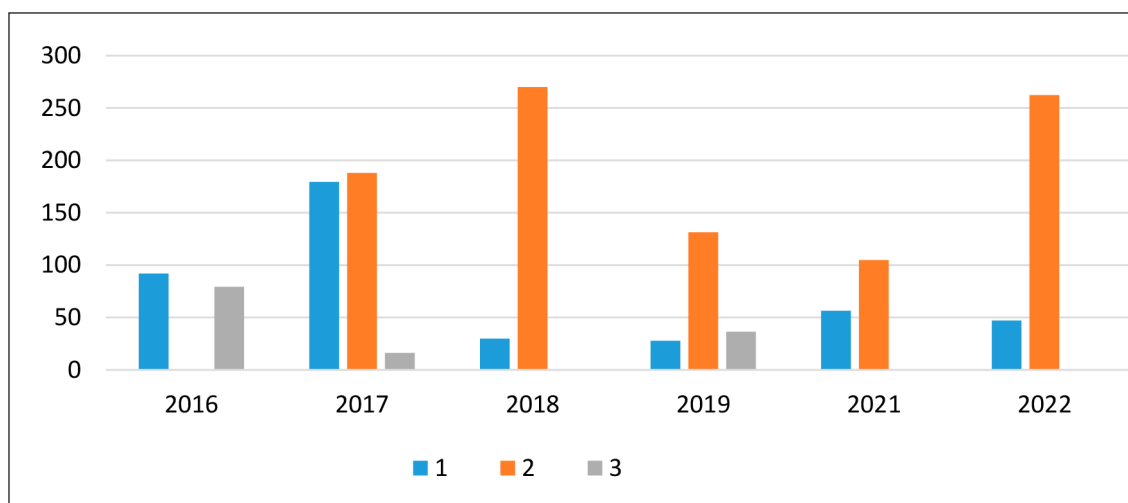


Рис. 5. Примеры накопления пыли в пылеуловителях, расположенных в разных урочищах бассейна р. Басандайки (г/м<sup>2</sup>): 1 – лесополоса из сосны у с. Лучаново, 2 – лесополоса из березы у с. Плотниково, 3 – кедровый лес

Провести оценку интенсивности этого процесса весьма сложно. Как отмечают М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов (2020), для ветровой эрозии, в отличие от водной, нет простого способа учета суммарных потерь почвы, которые определяют разными методами, в том числе путем измерения переноса почвенных частиц в разных точках исследуемой территории с помощью пылеуловителей [2].

По годам осаждение пыли в пылеуловителях, установленных в лесополосах и кедровом лесу, в теплый период (май – октябрь) происходит неравномерно: интенсивнее оно проявлялось в 2018 и 2022 гг. (рис. 5). В березовой лесополосе у с. Плотниково отмечено наибольшее количество пыли. На аккумуляцию атмосферных выпадений здесь помимо переноса с обрабаты-

ваемых полей оказывает влияние и грунтовая дорога (рис. 4). В кедровом лесу, окаймляющем пашню у с. Лучаново, за годы наблюдений в пылеуловителях накапливалось всего от первых граммов до 80 г/м<sup>2</sup> эолового наноса.

Наши наблюдения за развитием дефляции почв в течение разных сезонов года позволяют сделать предварительную оценку ее интенсивности за год (таблица). В настоящее время нет единого мнения по оценке опасности интенсивности развития дефляции почв в отличие от таковой по водной эрозии. Наши наблюдения за интенсивностью развития ветровой и водной эрозии почв показали, что они сопоставимы с рекомендациями оценки интенсивности эрозии почв, разработанными М.Н. Заславским [6] и СП 115.13330.2016 [14].

Интенсивность развития дефляции почв  
по данным полевых исследований разных сезонов года

Годы наблюдений	Агрофон	Аккумуляция пылеаэрозолей, кг/га		
		За холодный период	За теплый период	За год
2013–2014	Посевы сельхозкультур, стерня осенью	1442	28	470
2014–2015	Посевы сельхозкультур, зябь осенью	6599	295	6894
2015–2016	Посевы сельхозкультур, стерня осенью	1491	919	2410
2016–2017	Посевы сельхозкультур, зябь, стерня осенью	2605	1881	4486
2017–2018	Посевы сельхозкультур, зябь, стерня осенью	3149	2700	5849
2018–2019	Посевы сельхозкультур, зябь, стерня осенью	2366	1313	3679
2020–2021	Посевы сельхозкультур, грубая зябь по стерне	1691	1048	2739
2021–2022	Зябь по фацелии, озимые	5003	2622	7625
2022–2023	Посевы сельхозкультур, зябь осенью	5073	1116	6189

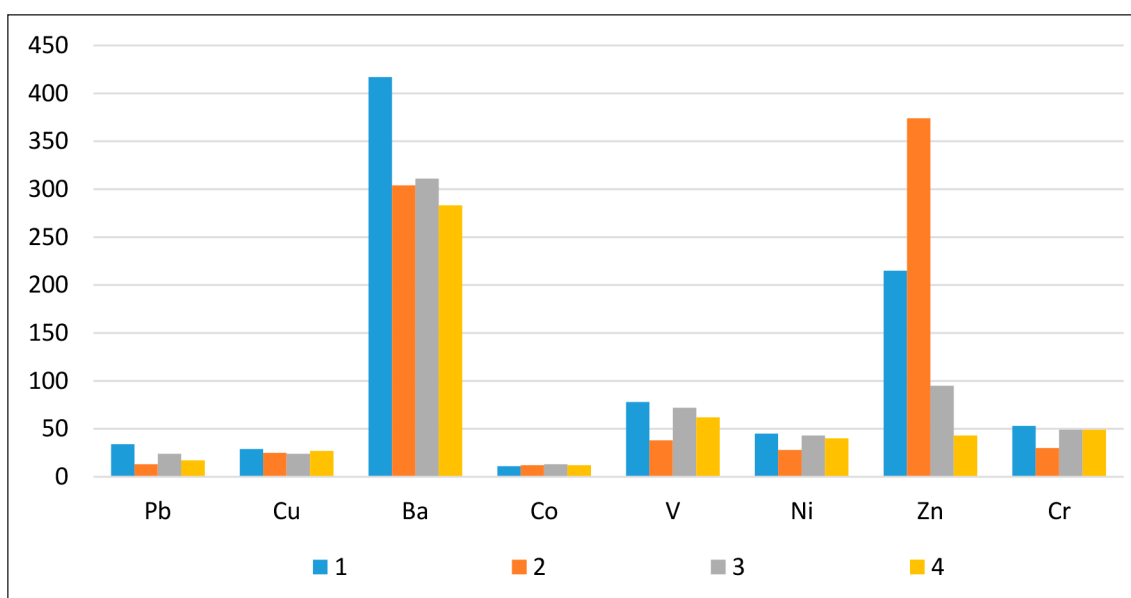


Рис. 6. Среднее содержание химических элементов (мг/кг) за 2015–2022 гг.:  
1 – лесополоса из сосны у с. Лучаново, 2 – лесополоса из березы у с. Плотниково,  
3 – кедровый лес, 4 – почва верхнего горизонта плакора пашни у с. Лучаново

Ветровая эрозия является ключевым фактором техногенной механической миграции вещества между природными (кедровый лес, разнотравный луг) и антропогенными урочищами (пашня, лесополоса) бассейна р. Басандайки. Дефляция приводит к выносу ценных для сельскохозяйственных растений элементов питания почвы, таких как гумус и макроэлементы. За исследуемый период в зависимости от степени загрязнения снега их содержание изменялось в значительных пределах: например, гумуса – от 1,5 до 5,1%;  $Ca^{2+}+Mg^{2+}$  – от 15,0 до 32 мг/экв. 100 г почвы;  $P_2O_5$  –

от 46 до 66 мг/экв. 100 г почвы и др. Наличие гумуса в эоловом наносе указывает на его происхождение из почв исследуемого региона. Кроме того, для подтверждения локального происхождения эоловых осадков было проанализировано среднее содержание некоторых микроэлементов в верхнем горизонте почвы пашни и в пылеуловителях, установленных в лесополосах и кедровом лесу (рис. 6).

Было установлено, что концентрация химических элементов в твердом осадке из пылеуловителей сопоставима литогенному субстрату почв пашни плакорных место-

положений, что свидетельствует в основном о местном генезисе эоловых выпадений. Исключение составляют цинк и барий, содержание которых может быть обусловлено не только локальным, но и региональным переносом веществ.

### Выводы

Многолетние наблюдения за дефляцией почв в агроландшафтах бассейна р. Басандайки юго-востока Томской области позволили сделать следующие выводы:

1. Ветровая эрозия почв в агроландшафтах исследуемой территории развивается ежегодно. Интенсивность дефляции в основном зависит от таких факторов, как состояние агрофона в осенний период, скорость ветра и время появления всходов сельскохозяйственных культур в весенне-летний период.

2. В течение года наблюдается три вида дефляции – выдувание почв во время устойчивого залегания снежного покрова в зимний период; в теплый период года – дефляция во время весеннего снеготаяния и повседневная (местная).

3. Самое большое накопление эоловых осадков в толще снега происходило в годы, когда агрофон пашни с осени был представлен зябью. В такие годы в толще СП накапливалось от 4,0 тыс. до 11,6 тыс. кг/га (зима 2011–2012 гг.). В случаях, когда с осени агрофон пашни – это стерня, всходы озимых, неубранный лен, травы, дефляция развивалась слабо и в толще снега аккумуляровалось от 180 до 3 тыс. кг/га. Значительное накопление эолового материала на поверхности снега также происходило в годы с активной ветровой деятельностью и когда агрофон был представлен зябью. На поверхности эоловых волн накапливалось до 336 г/м<sup>2</sup> (1992; 2003); в случае наличия на пашне стерни, озимых, многолетних трав – от долей грамма до 10 г/м<sup>2</sup>. В теплый период года (вторая половина апреля – октябрь) в пылеуловителях в зависимости от их местоположения (лес, поляна в лесу, лесополоса, наветренный склон пашни) осаждалось от долей грамма до 270 г/м<sup>2</sup>. Меньше всего аккумуляция пылеаэрозолей наблюдалась в кедровом лесу и наветренном склоне пашни.

4. Основная масса твердого осадка пылеуловителей исследуемой территории обусловлена результатом местной техноген-

ной механической миграции, об этом свидетельствует схожесть его гранулометрического и химического состава с почвами пашни. В теплое время года возможен приток атмосферных выпадений регионально-го переноса.

### Список литературы

1. Munroe J.S. Properties of modern dust accumulating in the Uinta Mountains, Utah, USA, and implications for the regional dust system of the Rocky Mountains // *Earth Surface Processes and Landforms*. 2014. Vol. 39. P. 1979–1988.
2. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М.: Изд-во: МГУ, 2020. 387 с.
3. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С., Аветян С.А., Шишконова Е.А., Каштанов А.Н. Карта агрогенной эродированности почв России // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2020. Т. 493, № 2. С. 99–102.
4. Иванов А.Л., Кирюшин В.И., Молчанов Э.Н., Савин И.Ю., Столбовой В.С. Анализ земельной реформы и агропромышленного производства за четверть века. Почвенно-экологические, технологические институциональные и инфраструктурные аспекты модернизации. Земельная служба (доклад). М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2016. 93 с.
5. Звонков В.В. Водная и ветровая эрозия земли. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 175 с.
6. Заславский М.Н. Эрозия почв. М.: Мысль, 1979. 245 с.
7. Литвин Л.Ф., Кирюхина З.П., Краснов С.Ф., Добровольская Н.Г., Горобец А.В. География динамики земледельческой эрозии почв Сибири и Дальнего Востока // *Почвоведение*. 2021. № 1. С. 136–148.
8. Романовская А.О., Савин И.Ю. Современные методы мониторинга ветровой эрозии почв // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2020. Вып. 104. С. 110–157.
9. Reheis M.S. Dust deposition in Nevada, California, and Utah, 1984–2002. U.S. Geological Survey, Open-File Report 03–138, 2003. 11 p.
10. Евсеева Н.С., Квасникова З.Н., Каширо М.А., Волкова М.А., Носырева О.В. Ветровой режим юго-востока Западно-Сибирской равнины как фактор риска развития дефляции почв в агроландшафтах (на примере юга Томской области) // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2021. Т. 85, № 4. С. 528–538.
11. Евсеева Н.С., Каширо М.А., Квасникова З.Н., Батманова А.С., Петров А.И., Волкова М.А., Носырева О.В. Снеговетровые процессы в агроландшафтах бассейнов малых рек юго-востока зоны подтайги Западно-Сибирской равнины // *География и природные ресурсы*. 2020. № 1 (160). С. 113–121.
12. Евсеева Н.С., Язиков Е.Г., Квасникова З.Н., Батманова А.С., Бучельников В.С. Современный эоловый морфогенез: изученность, региональные проявления // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2020. Т. 331, № 11. С. 96–107.
13. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ, 1992. 200 с.
14. СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция. М.: Стандартинформ, 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054202> (дата обращения: 07.04.2024).