

УДК 631.4

doi: 10.17223/19988591/24/2

С.В. Лойко¹, М.В. Бобровский², Т.А. Новокрещенных¹

¹ Томский государственный университет (г. Томск)

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пущино)

ПРИЗНАКИ ВЕТРОВАЛЬНОГО МОРФОГЕНЕЗА В ФОНОВЫХ ПОЧВАХ ЧЕРНЕВОЙ ТАЙГИ (НА ПРИМЕРЕ ТОМЬ-ЯЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ)

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ
(проекты № 12-04-31514-мол_а, №11-04-90780-моб_ст).

Почвы и почвенный покров черневой тайги отличаются значительной спецификой в сравнении с другими лесными районами юга Сибири, что традиционно связывается с особенностями климата, растительности и почвообразующих пород, суперпозиция которых обуславливает специфичный морфогенез почв, описываемый нормальной моделью, а также её латеральными модификациями. Однако проведенные исследования показали, что в морфогенезе почв черневой тайги значительная роль принадлежит и турбационной модели педогенеза, связанной с ветровалами деревьев. В статье описаны 14 ветровальных признаков. Показано, что размеры бывших ветровалов, установленные по полиморфонам-котлам, их глубины соответствуют диапазону глубин современных ветровалов пихты и осины, основных лесообразователей черневой тайги. Глубокие ветровалы усиливают контрастность границ между компонентами почвенного покрова, способствуют формированию спорадически-пятнистых элементарных почвенных ареалов, приводят к осветлению почвенной массы, углубляют верхнюю границу текстурного горизонта и приводят к усечению верхних границ остаточного гумусовых горизонтов. (Гумусово-)элювиальные горизонты со слабоволнистой нижней границей в почвах черневой тайги можно образно назвать «пахотной» толщей, а роль «плуга» отдать выворачивающимся корням деревьев.

Ключевые слова: ветровалы; ветровальные признаки; черневая тайга; текстурно-дифференцированные почвы.

Введение

Ветровальным почвенным комплексам (ВПК) и механизмам их формирования посвящено множество публикаций [1, 2]. Установлено, что свойства почв при ветровалах и последующем восстановлении профиля меняются не только в пределах провернутого слоя, но и в залегающих под ним горизонтах. При зарастании и нивелировании ВПК, образованных глубокими вывалами, часть ветровальных признаков сохраняется неопределенно долго, вплоть до следующего вывала, относясь к изменениям необратимого характера [1, 3, 4]. В почвах, подвергавшихся значительному воздействию ветровалов,

за голоцен «накопились» необратимые изменения, поэтому применение к ним моделей педогенеза, предполагающих постепенное, последовательное протекание почвенных процессов, будет неадекватно, так как они искажены турбационной моделью. Изучение масштабов этих искажений поможет прояснить многие вопросы, связанные с генезисом почв и почвенного покрова.

В новейшем обзоре по ветровалам Р. Samonil с соавт. [2] показано, что изученность ветровалов очень неравномерна. В Евразии большинство работ выполнено на «свежих» ВПК с выраженным микрорельефом в таежных экосистемах Восточно-Европейской равнины и широколиственных лесах горных территорий, тогда как поиску следов, определению глубин и объемов прошлых (древних) ветровалов в «фоновых» почвах, интерпретации почвенных признаков в «ветровальном» аспекте уделено гораздо меньше внимания. Слабо разработаны вопросы, связанные с влиянием ветровалов на долговременную динамику почв [2]. На обширных пространствах Сибири не изучены даже «свежие» ветровалы.

Для восполнения пробелов в изученности географических вариантов реализации ветровального морфогенеза нами были проведены исследования в черневых экосистемах предгорий Западной Сибири, являющихся специфическим вариантом гемибореальных лесов. Черневые экосистемы отличаются наибольшей напряженностью ветровального морфогенеза среди экосистем Сибири, что связано с: 1) благоприятными условиями для развития средне-глубоких корневых систем деревьев; 2) формированием в весенне-раннелетний и позднеосенний периоды надтекстурных верховодок, благодаря чему уменьшается связанность почвенной массы и повышается ветровальность деревьев при шквалистых ветрах; 3) низкой горимостью лесов и слабой заселенностью человеком пояса черневых экосистем, что способствовало более полной реализации ветровальных потенциалов древостоя. В черневой тайге в древостое два доминанта, поэтому средняя глубина ветровалов должна была быть более стабильной, чем, например, в полидоминантных неморальных и бореально-неморальных лесах Европы. Под черневыми экосистемами развиваются текстурно-дифференцированные почвы, обладающие рядом особенностей: мощные осветленные горизонты (до 60–80 см) с монотонным строением; останцовый характер нижней части элювиальных горизонтов; ровная граница перехода от элювиальных горизонтов к текстурным, наличие резких границ между компонентами почвенного покрова. Сопоставление специфики почв и ветровального морфогенеза натолкнуло на мысль об их генетической связи и определило целью работы изучение признаков ветровального морфогенеза для выявления его роли в генезисе почв черневой тайги.

Материалы и методики исследований

Объектом исследований выступили почвы и почвенный покров осиново-пихтовой высокотравной черневой тайги вершины Томь-Яйского междуре-

чья, являющегося областью сочленения Томь-Колыванской складчатой зоны и Кузнецкого Алатау. Почвенные комбинации по микрорельефу в черневой тайге вершины Томь-Яйского междуречья представлены микросочетаниями дерново-подзолистых либо светло-серых почв (в том числе глееватых) на микроводоразделах, сменяющихся в ложбинах серыми и темно-серыми остаточно-гумусовыми и иллювиально-трансформированными темнокутан-ными почвами [5, 6].

Методы исследований заключались в проведении морфогенетического анализа строения основных компонентов почвенного покрова черневой тайги с использованием двух почвенных траншей, а также фотографий и описаний более чем 70 почвенных разрезов в черневых экосистемах, в том числе с Салаирского кряжа и юга Кузнецкого Алатау. В качестве рабочих поверхностей использовали не только стенки траншей, но и срезы в различных плоскостях по мере выработки траншеи, что позволило установить форму описанных полиморфонов-котлов. Этот способ выработки почвенных траншей зарекомендовал себя ранее [7]. При морфогенетическом анализе широко использованы методы обработки цифровых фотографий. С использованием конструкции А.В. Захарченко [8] (установка, состоящая из опорных и скользящей реек и системы установки уровня) изучена топография верхней ненарушенной поверхности текстурного горизонта темно-серой почвы.

Траншеи заложены с учетом микрорельефа. Траншея Тр12-1 (2,5×2,5 м) вскрыла дерново-подзолистую почву, приуроченную к слабовыпуклому наклоненному склону, дренируемому ложбинами. Траншеей Тр12-2 (1,7×11 м) на склоне ложбины охарактеризованы остальные компоненты почвенного покрова, формирующие вытянутые вдоль тальвега узкие ареалы (10⁰–10¹ м): светло-серая остаточно-карбонатная почва сменяется серой остаточно-гумусированной и темно-серой остаточно-гумусовой иллювиально-трансформированной почвой в притальвеговой области ложбины. Подобный выбор места заложения траншеи позволил описать характер границ между компонентами почвенного покрова, а также оценить вклад ветровального морфогенеза в изменение этих границ.

Данные о строении почв, полученные в полевых условиях, дополнены лабораторными исследованиями микромонолитов. Для этого применен комплекс методов: детальное макрофотографирование, мезофотографирование, сканирующая электронная микроскопия с одновременной детекцией элементного состава (приставка Quantax 70 к SEM Hitachi TM3000). Это позволило получить сведения о строении ветровальных признаков, уточнить их генезис. Гранулометрический состав изучали с использованием пипеточного метода Н.А. Качинского и фотоседиментометра для образцов с малой массой (прибор ФСХ-6).

Под морфогенетическим анализом в настоящей работе понимается морфологическое описание почв и почвенных морфологических элементов с одновременной генетической интерпретацией характеризующихся явлений.

При его проведении опирались на разработки Э.А. Корнблюма с соавт. [9], которые предлагают разделять морфологические элементы на простые и сложные. К простым относятся *морфемы*, в пределах которых с помощью невооруженного глаза нельзя обнаружить более мелкие элементы. К сложным – *морфоны*, которые состоят из двух или большего числа типов морфем. Морфоны имеют несколько уровней организации, к ним относятся крупные части горизонтов, а также те морфологические элементы, которые не имеют формы слоя и выделяются вместо горизонтов в «мозаичных» профилях почв. В настоящей работе подобная группа морфем называется *полиморфонами*, что подчеркивает их составной характер из множества морфонов различного состава и генезиса. Подходы к морфогенетическому анализу ветровальных признаков в почвенных профилях описаны во многих работах [3, 4, 10] и были доработаны и обобщены М.В. Бобровским [1].

Результаты исследований и обсуждение

Проведенный морфогенетический анализ почвенных морфологических элементов в черневой тайге показал широкое распространение признаков, которые не могут быть интерпретированы с позиций радиальной модели педогенеза и её латеральных модификаций, предполагающих формирование постепенных, градиентных границ как в вертикальном, так и в горизонтальном простирании. На основании опубликованных работ [1, 10] составлен диагностический список морфологических элементов, которые могут формироваться под воздействием ветровальных педотурбаций. Эти признаки выделяются на различных иерархических уровнях организации почвенных систем от морфонов, соответствующих порово-сегрегатно-агрегатному (обломки различных горизонтов в искорековой смеси былых западин), до полиморфонов-котлов, являющихся предельными структурными элементами почвенного покрова (ветровальные «котлы») и относящихся к уровню почвенных тел. Ниже приводим характеристики изученных признаков.

Ветровальные полиморфоны-котлы. Фиксируются на траншеях и в широких разрезах почв, имеющих в пределах средней глубины ветровальных горизонты с хроматически-контрастным материалом, перемешивание которого приводит к формированию мозаики морфонов (рис. 1, А), по своему строению отделяющейся от прилегающих горизонтов. Размеры их соответствуют размерам ветровальных западин. Морфогенез полиморфонов-котлов имеет две составляющие: 1) заполнение в разнообразных сочетаниях и последовательностях западины неизменным материалом кома и бортов западины; 2) изменение почвенной массы ВПК группой процессов повышенной интенсивности в сравнении с соседними ненарушенными почвами (разрушение агрегатов, сепарация и отмывка частиц, оглеение). Благодаря им появляются морфологические элементы, отсутствующие в фоновых условиях либо имеющие иную степень выраженности.

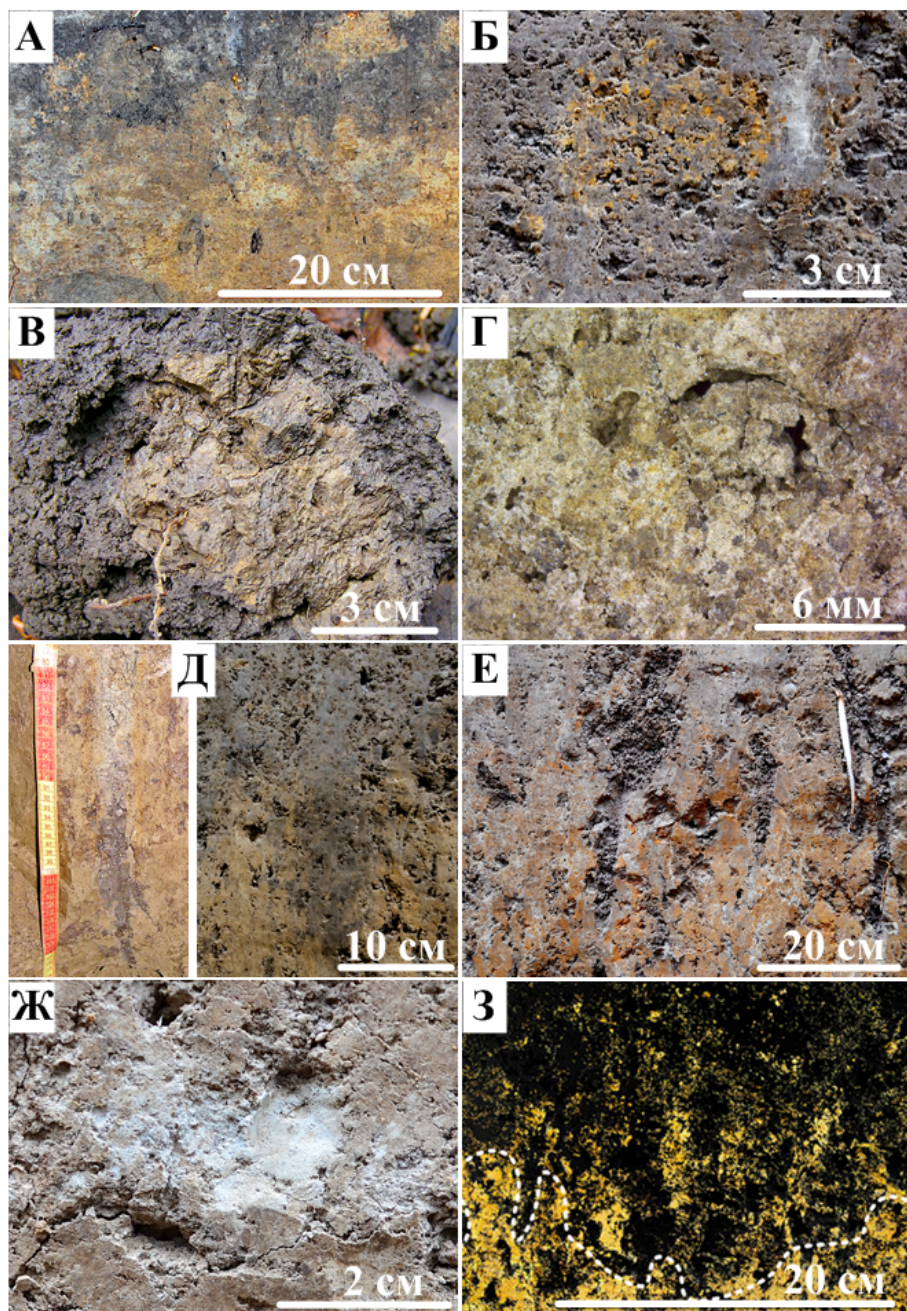


Рис. 1. Признаки ветровалов в фоновых почвах. Обозначения см. в тексте

В изученных дерново-подзолистых почвах (Тр12-1) в силу малого содержания плазмы (отвечающей за хроматические эффекты в почвах) полиморфоны-котлы достаточно слабо обособлены от вмещающих элювиальных и текстурных горизонтов. Они диагностируются по ассоциациям морфонов и морфем, имеющих малую контрастность. В иллювиальных горизонтах следы ветровальных турбаций выявить сложно из-за маскировки кутанами, однако до глубин 110 см периодически встречаются агрегаты, внутрипедная масса которых содержит угли либо инситный гумус. Они приурочены к ходам корней либо участкам, нарушенным при вывале (выдернутые корни с налипшим текстурным горизонтом).

В микрокатене склона ложбины, описанной Тр12-2, характер смены почв от светло-серой верхней части микросклона к темно-серой почве притальвеговой области можно свести к двум закономерностям. Первая сводится к континуальному изменению всех свойств и признаков – в надиллювиальных горизонтах увеличивается содержание гумуса и роль гуминовых кислот в его качественном составе, илистой фракции, усиливается выраженность тонких гумусово-глинистых кутан ($ELa \rightarrow AELi \rightarrow AUel, hh, i$). Вторая заключается в скачкообразных изменениях строения гумусово-элювиальных горизонтов на границах полиморфонов-котлов. Формируется ряд довольно резких границ на уровне диагностических признаков либо даже горизонтов. Полиморфоны-котлы состоят из мозаики различных ветровальных признаков (морфемы и морфоны) и интерпретируются как бывшие ветровальные западины («котлы»), их максимальные горизонтальные размеры достигают 2 м, что совпадает с размерами современных ВПК пихты и осины в черневой тайге. Так, проведенные промеры вывалов в окрестностях траншеи (35 промеров) показали, что средние размеры западин составляют $2,3 \times 1,4$ м, а около 60% ветровалов затрагивают текстурный горизонт (средней глубины 60 см), вынося его обломки на поверхность.

Границы полиморфонов-котлов могут проходить внутри элементарных почвенных ареалов (ЭПА) либо формировать границы между ними. На траншее Тр12-2 переход от одной почвы к другой происходит скачкообразно, а их границы совпадают с границами полиморфонов-котлов. Учитывая, что каждый полиморфон-котел по генезису и размерам соответствует объему предельного структурного элемента, можно говорить о спорадически-пятнистом строении изученных ЭПА, а подобное их строение связать с ветровальным морфогенезом. Наиболее резкие границы характерны для серых остаточно-гумусированных и темно-серых остаточно-гумусовых иллювиально-трансформированных почв (почвы со «вторыми гумусовыми горизонтами»). Резкие границы между почвами в черневой тайге неоднократно наблюдались нами при работе на аналогичных катенах с использованием стандартных почвенных разрезов и при составлении детальной почвенной карты [6]. Совпадение границ вывальных полиморфонов-котлов и ЭПА свидетельствует, что ветровальный морфогенез способствует увеличению контрастности границ между компонентами почвенного покрова.

Разномасштабная морфемно-морфонная мозаика. Фиксируется в масштабе стандартных разрезов и на траншеях. Формируется благодаря смешиванию материала различных горизонтов при заполнении ветровальных западин, в которых после полного их нивелирования оформляется наложенная на ветровальную мозаику серия горизонтов за счет различной интенсивности гумусонакопления, деятельности почвенной фауны, элювиально-иллювиальных процессов и компрессии. Мозаика составляет полиморфоны-котлы, при этом в различных их частях образуются ассоциации морфонов, различающиеся по почвенным морфологическим элементам, что связано с различиями процессов в различных частях ветровальных западин и на разных стадиях их зарастания. Составляющие мозаики могут сохраняться длительное время вплоть последующих турбаций.

Плавающие комки. Изолированные морфоны в AEL/EL горизонтах, состоящие из материала залегающих выше или ниже горизонтов либо отсутствующих в профиле в настоящее время (например, бурые морфоны (b) в гор. AEL (рис. 1, Б)). Как правило, от исходных горизонтов плавающие комки сохраняют лишь цвет, однако могут встречаться обломки, сохранившие структуру и новообразования (например, BT в AEL (рис. 1, В)).

Морфемная мозаика внутрипедной массы. Мозаика мельчайших морфем, образующих на срезе малококонтрастную «крапчатость» (размеры пятен укладываются в 1 см, обычно меньше). Видна невооруженным глазом. На поверхности агрегатов маскируется кутанами. Лучше всего прослеживается в гор. AEL и ELa серых и светло-серых почв (рис. 1, Г) и состоит из обломков гумусовых, элювиальных и иллювиальных горизонтов. В нижней части элювиальных и гумусово-элювиальных горизонтов сохраняется длительное время благодаря низкой активности биотурбационных процессов.

BEI–BTel горизонты. В ряде почвенных разрезов светло-серых почв трансэлювиальных позиций описаны текстурные горизонты, имеющие в верхних 15–20 см обильные скелетаны, покрывающие практически все поверхности призматических агрегатов, часто поверх глинистых кутан, и образующие скопления в цилиндрических порах. Подобные горизонты широко распространены в подтайге, граничащей с черневой тайгой, а также в последней на покатых и среднекрутых склонах балок. В трансэлювиальных же позициях подобные горизонты обычно отсутствуют либо имеют фрагментарный характер, а скелетаны – островное распространение и малую толщину. Учитывая их спорадическую встречаемость, когда в одинаковых геогенных условиях они могут как присутствовать, так и отсутствовать, предварительно связываем их происхождение с ветровалами, когда происходит «разрыхление» верхней части текстурного горизонта, а в дальнейшем из западины в появившееся поровое пространство поступает пылеватый материал. Такие горизонты могут исчезать на расстояниях 2 м, в пределах одного ЭПА, соответствуя понятию предельного структурного элемента.

Пластинчатые древесные угли. Крупные неокатанные древесные угли размером более 0,5 см в нижней части (гумусово-)элювиальных горизонтов встречаются практически во всех изученных почвах. Появление их на глубинах более 40 см иначе как в результате погребения не представляется возможным. К тому же чаще всего угли приурочены к внутривершинной массе, а не к порам, и наибольшего количества достигают в полиморфных котлах. Изучение кутан с использованием сканирующего микроскопа показало, что водно-миграционным путем угли могут проникать на глубины более метра, однако их размер в изученных случаях не превышал 0,2 мм. На Tr12-2 описан неглубокий (25 см) котел, дно которого выстлано крупными углями пластинчатой формы (до 2,5 см длиной). При этом никакими другими признаками материал котла не отличался от вмещающих горизонтов. Поэтому крупные угли также рассматриваются как свидетельство ветровальных турбаций, фиксирующих глубину вывала.

Морфоны на месте выдернутых корней в верхней части текстурных горизонтов (корневые заклинки) (рис. 1, Д). Вытянутые образования конусовидной формы с тупым окончанием, заполненные материалом тех горизонтов, которые залегали выше текстурного в момент формирования заклинка (ширина в пределах 5–10 см, длина до первых десятков сантиметров). Формируются при выдергивании корней с налипшим на них материалом текстурного горизонта. Этот тип морфонов наиболее специфичен для почв черновой тайги из-за ровной и довольно резкой границы текстурного горизонта, а также наличия у пихты и осины множества тонких равнозначных корней, внедряющихся в текстурный горизонт. При глубоком вывале, затрагивающем текстурный горизонт, формируется, как правило, несколько индивидуальных заклинков, реже они объединяются в более крупные блоки. Заклинки не формируются в результате выгнивания корня с последующим заполнением материалом вышележащего горизонта, как может показаться первоначально. Об этом говорит нехарактерное для корней соотношение длины и ширины заклинков, их тупое окончание. К тому же заклинки заканчиваются «корневым шнуром» – цилиндрической порой, заполненной кутаной, которая образовалась или при выгнивании корня, или при его выдергивании без налипшего материала. Корневые заклинки часто заполнены искорековой смесью. Из-за высокой плотности гор. ВТ корни внедряются лишь в его верхнюю часть. В глубину по трещинам уходят самые мелкие корни диаметром обычно не более 1 см. Поэтому при вывалах в настоящий период происходит лишь поверхностное разрушение текстурного горизонта.

Пятнистость глеевого происхождения. Сюда отнесены ржаво-охристые (железистые кутаны, пропитка) и сизоватые пятна, разводы на границе с текстурным горизонтом (рис. 1, Е). Подобные новообразования, связанные с глеевым процессом, широко распространены в полугидроморфных и гидроморфных почвах. Рассматриваемый признак характерен для автоморфных почв, когда площади морфонов с ржаво-охристыми и сизыми участками

ми составляют несколько сотен квадратных сантиметров, внезапно исчезая и появляясь. Предположить возникновение в ненарушенных автоморфных почвах зон с контрастным окислительно-восстановительным режимом на площади меньшей одного ЭПА проблематично, особенно учитывая, что обычно в автоморфных условиях черневых экосистем наиболее крупными новообразованиями являются микроконкреции и нодули (< 1 мм) преимущественно железисто-марганцевого состава. Многочисленными исследованиями на свежих ветровалах доказана возможность развития оглеения в ветровальных западинах. Нами наблюдались случаи, когда в западине в течение одного сезона благодаря палой листве формировались глеевые сизые прослои мощностью несколько сантиметров. Также пятнистость глеевого происхождения образует парагенез с иными ветровальными признаками, например с корневыми заклинками (сизоватый ореол, отороченный ржаво-охристой каймой). Поэтому пятна и разводы также отнесены к ветровальным признакам, а нижний уровень их развития маркирует глубину ветровальной западины.

Отмытый пылеватый материал в порах (белесые «черточки» и пылеватые белесые «глазки») (рис. 1, Ж). Белесые «черточки» формируются при заполнении цилиндрических пор (червороины, корневые ходы) пылеватым материалом. Их формирование связано с отмывкой тонкодисперсной фракции на незащищенной растительностью поверхности западины и кома. При анализе траншей отмечено, что «черточки» распространены под полиморфонами с ярко выраженным комплексом ветровальных признаков. Формирование белесых «глазков» также связывается с поверхностными процессами сепарации и накопления пылеватой фракции в микролакунах, которые в дальнейшем погребаются при заплывании западины. В отличие от плавающих комков они имеют значительно более легкий гранулометрический состав и малые размеры (до 2 см). Состоят из скоплений пылеватой массы, а также агрегатов с сохраняющимся ядром, не испытывавшим обезыливания. В силу их малых размеров и значительной примеси исходного неотмытого материала анализ их гранулометрического состава был проведен на фотометрическом седиментометре ФСХ-6, который работает с малыми навесками (до 0,5 г). Показано, что содержание илистой фракции (12 проб) в материале «глазка» в среднем в 1,9 раза меньше, чем во вмещающей массе. Осветление материала происходит за счет выноса как ила, так и мелкопылеватой фракции, более крупные частицы сохраняют стабильность.

Ореховато-призмовидная структура остаточно-гумусовых иллювиально-трансформированных горизонтов («вторых гумусовых горизонтов»). Анализ строения темно-серой остаточно-гумусовой иллювиально-трансформированной почвы вскрытой траншеи (Tr12–2), а также ряда широких разрезов позволил установить, что комплекс ветровальных признаков внутри полиморфонов-котлов (плавающие комки, останцы, общее осветление горизонтов в пределах бывшей западины, белесые скопления, заклинки) дополняется сплошным либо частичным формированием орехова-

той или ореховато-мелкопризматической структуры в диапазоне от 35/45 см до гор. ВТсп. В прилегающих «фоновых» участках (из признаков вывалов имеются только заклинки и останцы) темно-серой почвы на этой глубине преобладает копролитово-(зернисто)-мелкокомковатая структура. Предположительно такая структурная переорганизация происходит из-за трещинного оструктурирования заплывшей почвенной массы в западине, после её зарастания. Подобный тип оструктурирования (компрессионно-гидротермическое, свойственное иллювиальным горизонтам) возможен благодаря достаточно высокому содержанию илистой фракции (до 25%), соответственно в более легких элювиальных горизонтах такой трансформации не происходит. С течением времени, по мере проработки почвенной массы дождевыми червями, должна восстанавливаться исходная изометричная копрогенная структура.

Бесструктурные морфоны в (гумусово-)элювиальных горизонтах. В ряде стандартных разрезов отмечались участки (до десятков сантиметров) с заплывшим строением гумусово-элювиальных горизонтов, иногда дополненные сизоватыми разводами с ржаво-охристой каймой. На этих участках поровое пространство представлено лишь порами по ходам корней. Для гор. АЕЛ и ЕЛа автоморфных почв черневой тайги свойственна копрогенно-мелкокомковатая структура в верхней части горизонтов, в нижней части эта структура подвергается уплотнению и развивается плитовидная делимость, лучше выраженная под темнохвойными парцеллами. Слитное сложение не характерно. Оно возникает при заплывании и структурной дезорганизации горизонта из-за оглеения в ветровальных западинах. Такие участки сохраняются достаточно длительное время, так как в исследованных случаях на поверхности следы западин не обнаруживались.

Останцовый тип перехода от текстурных горизонтов к (гумусово-)элювиальным или остаточнo-гумусовым иллювиально-трансформированным горизонтам (рис. 1, 3). Рассматривается в работах А.И. Гоголева, В.О. Таргульяна [11], В.Д. Тонконогова [12] и связан с географическими особенностями деградации текстурной толщи. Представляет собой модификацию субэлювиального горизонта, когда в осветленный и облегченный материал элювиального горизонта включены более тяжелые и плотные бурукрашенные островные фрагменты (останцы) материала текстурного горизонта. Формирование останцов нами связывается с включением обломков текстурного горизонта, вынесенных вывалом, в массу осветленных горизонтов при заполнении западины вывала [1]. Интересно, что в работе А.И. Гоголева и В.О. Таргульяна [11] останцовый тип перехода описан в лесной подзолисто-красноземной почве Западной Грузии, которая потенциально подвержена влиянию ветровалов, в то время как в глее-солоди подового понижения юга Украины и подбеле (лесная почва, но из-за выраженных глеевых явлений в гор. А2п корневые системы приповерхностные) юга Дальнего Востока тип перехода фронтальный.

Анализ элементного состава на микроанализаторе (приставка Quantax 70 к SEM Hitachi TM3000) показал, что в нижних частях гумусово-элювиальных и остаточно-гумусовых горизонтов к останцам зачастую приурочены области накопления гидроксидов железа. Останцы благодаря большому содержанию илистой фракции выступают зонами, вокруг которых формируются железистые примазки. Изучение 21 образца показало, что в ожелезненных останцах в среднем в 1,5 раза больше содержание железа, чем во внутриведенной массе. Останцы без хроматических признаков ожелезнения имеют содержание железа, приблизительно равное внутриведенной массе. В сравнении с почвообразующей породой железа в останцах больше в 1,2–1,6 раза. Несмотря на значительные различия степени оподзоленности светло-серой и темно-серой почв на траншее Tr12-2 рисунки распределения останцов и уровни накопления в них железа схожи. Всё это свидетельствует о том, что в современных условиях в нижней части элювируемых горизонтов останцы не разрушаются элювиальными процессами, имеют иной, не остаточно-элювиальный генезис либо же сформировались в иные периоды. Однако последнее маловероятно, так как подзолистый процесс в исследуемом районе активизировался во второй половине суббореального периода (по датировкам вторых гумусовых горизонтов не ранее 3400–4000 лет назад, а скорее, еще позже, учитывая кумулятивный возраст гуминовых кислот второй фракции). Климатические условия с того времени если и менялись, то в сторону увеличения количества осадков, о чем свидетельствует увеличение к субатлантическому периоду доли пихты в споро-пыльцевом спектре торфяника в 30 км от места заложения траншей [13]. Поэтому предполагать, что останцы унаследованы от эпох более интенсивного подзолообразования, нет оснований. Отметим, что сказанное относится лишь к тем останцам, которые «прижаты» к текстурному горизонту, залегающие же в верхней части гумусово-элювиального горизонта несут признаки осветления, обезыливания (от 0 до 35–45 см). На территории исследований в тальвегах ложбин встречаются темно-серые почвы, в которых максимум содержания илистой фракции приурочен не к текстурному горизонту, а к остаточно-гумусовому элювиально-трансформированному. Но и в этих случаях обнаруживаются останцы, т.е. механизм их формирования действует даже в тех условиях, когда элювиальный процесс не диагностируется, а следовательно, происхождение их, вероятнее всего, связано с ветровальными турбациями, а у самых мелких – с деятельностью дождевых червей.

Топография верхней поверхности текстурного горизонта, волнисто-заклинчатая форма границы. Форму поверхности в мезомасштабе ($n \cdot 10^0 \div n \cdot 10^1$, где $1 \leq n \leq 10$) можно охарактеризовать как заклинчато-западинную, имеющую генезис, связанный с воздействием корневых систем, которые при вывалах вырывают из текстурного горизонта налипшие на корни комки. В условиях лучшего дренажа и более глубокого проникновения корневых систем средние глубины поверхности горизонта ВТ больше на

15–20 см, а заклинки (лунки) глубже, чем в почвах с признаками поверхностного переувлажнения. Съемка формы верхней границы текстурного горизонта на срезе траншеи показала не только заклинки, но и ветровальные западины, сохраняющиеся от наиболее глубоких вывалов, затрагивающих текстурный горизонт.

Изменение гранулометрического состава при вывалах. Анализ строения изученных почв показал, что ветровальные полиморфоны-котлы в сравнении с вмещающими горизонтами имеют более высокую степень осветления. К глубоким полиморфонам-котлам приурочены области усечения остаточно-гумусовых горизонтов, или горизонтов с признаками остаточной гумусированности. Так, в серой почве (траншея Тр12-2) области с усеченным остаточно-гумусированным горизонтом приурочены к участкам с большей глубиной текстурного горизонта. Сохранившиеся фрагменты остаточно-гумусированного горизонта примыкают к участкам с меньшей глубиной залегания текстурного горизонта («холмики»). Это подтверждает роль вывалов в углублении гумусово-элювиальных горизонтов за счет разрушения текстурного и остаточно-гумусированного.

Анализ гранулометрического состава стенок траншей показал, что в дерново-подзолистых, светло-серых и серых почвах происходит уменьшение содержания илистой фракции как по средним образцам в полиморфонах-котлах (сравнение с «фоном»), так и в отдельных морфемах («глазки», «черточки» – сравнение с вмещающей массой). Это свидетельствует о том, что в черневой тайге вывалы могут усиливать обезыленность материала в пределах глубины педотурбации. Однако на отдельных глубинах полиморфона-котла в темно-серой почве обнаружено утяжеление гранулометрического состава в сравнении с фоном. Это связано с переносом более тяжелого по гранулометрическому составу остаточно-гумусового и обломков текстурного при турбации, однако даже в таких местах отмечены участки с отмытым и осветленным материалом – белесовато-серые плавающие комки, пылеватые «глазки» и «черточки». В текстурных горизонтах залегающих ниже полиморфонов-котлов обнаружено усиление выраженности иллювиального максимума содержания илистой фракции в сравнении с прилегающими фоновыми участками, что можно объяснить активизацией лессиважа при ветровале. Подобный эффект наблюдался нами в дерново-подзолистой остаточно-гумусовой почве южной тайги Васюганской равнины, где в текстурном горизонте под ветровальной западиной, уничтожившей остаточно-гумусовый горизонт, сформировался линзовидной формы полиморфон, отличающийся от прилегающих областей текстурного горизонта значительно большей выраженностью гумусово-глинистых кутан.

Эволюция почв элювиального ряда южной тайги Западной Сибири в субатлантическом периоде голоцена характеризуется усилением выраженности в почвах признаков подзолистого процесса и увеличением доли почв в почвенном покрове с деградировавшим остаточно-гумусовым горизонтом.

Дерново-подзолистые почвы, как наиболее продвинутые в отношении процессов, «стирающих» остаточно-гумусовый горизонт, приурочены к наиболее дренируемым придолинным участкам, по микрорельефу занимая выпуклые позиции [14]. Аналогичные закономерности характерны и для северной экотональной части ареала черневой тайги Томь-Яйского междуречья. В изученных микрокатенах от микроводоразделов через склоны ложбин к их тальвегам эволюционно происходит «отступление» почв с остаточно-гумусовыми горизонтами от бортов к центрам ложбин. Об этом свидетельствуют многократные находки в текстурных горизонтах светло-серых и дерново-подзолистых почв микроводоразделов темно- или серогумусовых морфонов, по содержанию илистой фракции практически не отличающихся от вмещающей массы. При этом в элювиальных горизонтах почв с находками следы бывших темных и обогащенных илом гумусовых горизонтов слабо выражены и прижаты к текстурному горизонту. Как показали полученные при изучении траншей данные, процесс эволюционного «отступления» остаточно-гумусовых горизонтов (для которых характерно и большее содержание илистой фракции) может ускоряться при активизации ветровального морфогенеза. Он приводит к усилению обезыливания, перемещению более осветленных верхних горизонтов вглубь профиля, формированию белесых морфонов и морфем, которые в дальнейшем биотурбационными процессами включаются во вмещающую массу, приводя к общему уменьшению содержания илистой фракции осветленных горизонтов.

Заключение

Проведенные исследования показали, что в морфогенезе почв черневой тайги значительная роль принадлежит ветровальным педотурбациям, в результате которых в фоновых почвах формируется парагенетический комплекс ветровальных признаков, которые и были описаны в статье для основных компонентов почвенного покрова черневой тайги (дерново-подзолистые, светло-серые, серые и темно-серые почвы) предгорных ландшафтов. Описаны следующие признаки: полиморфоны-котлы в надтекстурных горизонтах; разномасштабная морфемно-морфонная мозаика (плавающие комки в (гумусово-)элювиальных горизонтах, морфемная мозаика внутрипедной массы в нижней части (гумусово-)элювиальных горизонтов); BEL–BTel горизонты; пластинчатые древесные угли; морфоны на месте выдернутых корней в верхней части текстурных горизонтов («корневые заклинки»); ржаво-охристые и сизоватые пятна на границе с текстурным горизонтом; отмытый белесоватый пылеватый материал в порах; ореховатая структура «вторых гумусовых горизонтов»; бесструктурные морфоны (гумусово-)элювиальных горизонтов; останцовый тип перехода от (гумусово-)элювиальных или «вторых гумусовых» к текстурным горизонтам; лунковидно-западинная форма верхней границы текстурного горизонта; гранулометриче-

ский профиль почв. Перечисленные ветровальные признаки в то же время формируют часть почвенных свойств, которые традиционно описываются как специфические для почв черневых экосистем (глубокая оподзоленность, относительно ровная нижняя граница элювиальных горизонтов, останцовый тип субэлювиального горизонта, пространственная монотонность свойств ведущих компонентов почвенного покрова – дерново-подзолистых и светло-серых почв). Наилучшую выраженность ветровальные признаки имеют в серых почвах, которые образуют переходы между светло-серыми и дерново-подзолистыми почвами. Это связано с наличием в профиле почв наиболее контрастных морфонов (от EL до AU и BT). Серые остаточно-гумусовые иллювиально-трансформированные почвы являются эволюционным переходом от темно-серых остаточно-гумусовых иллювиально-трансформированных к светло-серым остаточно-гумусированным почвам. Глубокие ветровалы усиливают контрастность границ между компонентами почвенного покрова, способствуют формированию спорадически-пятнистых ЭПА, приводят к осветлению почвенной массы, углубляют верхнюю границу текстурного горизонта и приводят к усечению верхних границ остаточно-гумусовых горизонтов, тем самым ускоряя превращение серых почв в светло-серые.

Литература

1. Бобровский М.В. Лесные почвы Европейской России. М. : Тов-во научн. изд. КМК, 2010. 359 с.
2. Šamonil P., Král K., Hort L. The role of tree uprooting in soil formation: A critical literature review // *Geoderma*. 2010. Vol. 157. P. 65–79.
3. Скворцова Е.Б., Уланова Н.Г., Басевич В.Ф. Экологическая роль ветровалов. М. : Лесн. пром., 1983. 192 с.
4. Васенев И.И., Таргульян В.О. Ветровал и таежное почвообразование. М. : Наука, 1995. 247 с.
5. Лойко С.В., Герасько Л.И. Факторы дифференциации и компонентный состав почвенного покрова таежных экосистем Томь-Яйского междуречья // *Вестн. Том. гос. ун-та. Биология*. 2009. № 1(5). С. 63–70.
6. Лойко С.В. Закономерности формирования почв и почвенного покрова предгорных ландшафтов Томь-Яйского междуречья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2012. 22 с.
7. Бобровский М.В., Лойко С.В., Истигечев Г.И. и др. Следы ветровалов в темногомусовых почвах заповедника «Калужские засеки» // *Вестн. Том. гос. ун-та. Биология*. 2012. № 4 (20). С. 7–20.
8. Захарченко А.В., Захарченко Н.В. Опыт трехмерной морфометрии поверхностей почвенных горизонтов в натурных исследованиях // *Почвоведение*. 2006. № 2. С. 153–160.
9. Корнблум Э.А., Михайлов И.С., Ногина Н.А. и др. Базовые шкалы свойств морфологических элементов почв. М. : Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1982. 57 с.
10. Пономаренко Е.В. Методические подходы к анализу сукцессионных процессов в почвенном покрове // *Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия*. СПб. : РБО, 1999. С. 34–57.

11. Гоголев А.И., Таргульян В.О. Переходные горизонты почв с глинисто-дифференцированным профилем как результат процессов педогенной дифференциации // Почвоведение. 1994. № 6. С. 5–14.
12. Тонконогов В.Д. Автоморфное почвообразование в тундровой и таежной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. М. : Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 304 с.
13. Бляхарчук Т.А. Послеледниковая динамика растительного покрова Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной области : дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.01. Томск, 2010. 514 с.
14. Караваяева Н.А. О генезисе вторых гумусовых горизонтов в дерново-подзолистых почвах Западной Сибири // Специфика почвообразования в Сибири. Новосибирск : Наука, 1979. С. 60–68.

Поступила в редакцию 05.06.2013 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2013. № 4 (24). P. 20–35

doi: 10.17223/19988591/24/2

Sergey V. Loyko¹, Maxim V. Bobrovsky², Tatyana A. Novokreshchennykh¹

¹ Tomsk State University, Tomsk, Russia

² Institute of Physicochemical and Biological Problems
in Soil Sciences of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

INDICATIONS OF WINDFALL MORPHOGENESIS IN SOILS IN THE BLACKISH TAIGA (BY THE EXAMPLE OF THE INTERFLUVE BETWEEN THE TOM' AND THE YAYSK RIVERS)

The study was supported by RFBR (projects Nos. 12-04-31514-mol_a and 11-04-90780-mob_st).

*Soils in Blackish taiga are significantly different from soils in other forest regions located in the South of Siberia. The reason of this is traditionally associated with the peculiarities of climate, vegetation, and bedrocks: the superposition of these peculiarities causes specific soil morphogenesis which is described by the normal model and its lateral modifications. However, our research showed that in Blackish taiga tree falls with uprooting (windfalls) play an important role in the soil morphogenesis and a pedoturbation model can be developed. We have analyzed traces of windfalls in soil profiles in forest without evident windfalls and the structure of the modern windfalls and their distribution in landscape as well. We showed when edificators of Blackish taiga *Abies sibirica* L. and *Populus tremula* L. fall with uprooting, they form pits with an average depth of 60 cm that are wide spread in forests undisturbed by man. There is not a major root in the root systems of these trees; the root systems are composed of a set of medium-sized roots that are embedded in the upper part of the argic horizon. This structure leads to windfalls with a flat lower boundary from which the cylinder morphones are separated down up to 30 cm. On the basis of soil trenches and 70 soil profiles we have described the following indicators of windfalls in the soil: contours of windfall pits; multiscale morphological mosaic ("floating lumps" in the elluvial horizons, mosaics of the finest fragments of various horizons distinguishable on the slice of soil aggregates); lamellar wood coal at depths of up to 75 cm; morphones in place*

*of plucked roots in the upper part of the argic horizons ("root wedges"); gley spots on the border with textured horizon; washed clean whitish powdery material in the pores; nuciform of "the second humus horizons"; unstructured areas in the (humus-)elluvial horizons; residual type of transition from (humus-)elluvial or "secondary humus" horizons to the textural horizons; hole-pits shape of the top border of the argic horizon; particle soil profile; etc. The paper first discusses the irreversible impact of windfalls on the structure of the in excess deep bleached soils and dark humus soils in the Blackish taiga in the interfluvium between the Tom' and the Yaysk rivers. We showed that the depths of the old windfalls correspond to the depths of the modern windfalls of *Abies sibirica* and *Populus tremula*. We defined that deep windfalls increase the contrast of the boundaries between the soil components. They also contribute to the formation of sporadic-spotted elementary soil areas, lead to a clarification of the soil, deepen the upper boundary of the argic horizon and lead to the truncation of the upper boundaries of the residual humus horizons. Windfalls influence soil evolution by accelerating the underlying trend of soil formation. (Humus-)elluvial horizons with undulating lower bound in the Blackish taiga soils can be figuratively titled as "arable" thickness, and the role of "plow" to give the eversible tree roots.*

Key words: windfalls; signs of windfalls; Siberian Blackish taiga; texture-differentiated soils.

Received June 05, 2013