МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЕСТНИК ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

БИОЛОГИЯ

Tomsk State University Journal of Biology

Научный журнал

2012 № 4 (20)

Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС 77-29499
от 27 сентября 2007 г.

Журнал «Вестник Томского государственного университета. Биология»
входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов
и изданий, в которых должны быть опубликованы
основные научные результаты диссертаций
на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук»
Высшей аттестационной комиссии

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Майер Г.В., д-р физ.-мат. наук, проф. (председатель); **Дунаевский Г.Е.**, д-р техн. наук, проф. (зам. председателя); **Ревушкин А.С.**, д-р биол. наук, проф. (зам. председателя); **Катунин Д.А.**, канд. филол. наук, доц. (отв. секретарь); **Берцун В.Н.**, канд. физ.-мат. наук, доц.; **Воробьёв С.Н.**, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.; **Гага В.А.**, д-р экон. наук, проф.; **Галажинский Э.В.**, д-р психол. наук, проф.; **Глазунов А.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Голиков В.И.**, канд. ист. наук, доц.; **Горцев А.М.**, д-р техн. наук, проф.; **Гураль С.К.**, д-р пед. наук, проф.; **Демешкина Т.А.**, д-р филол. наук, проф.; **Демин В.В.**, канд. физ.-мат. наук, доц.; **Ершов Ю.М.**, канд. филол. наук, доц.; **Зиновьев В.П.**, д-р ист. наук, проф.; **Канов В.И.**, д-р экон. наук, проф.; **Кузнецов В.М.**, канд. физ.-мат. наук, доц.; **Кулижский С.П.**, д-р биол. наук, проф.; **Парначёв В.П.**, д-р геол.-минер. наук, проф.; **Портнова Т.С.**, канд. физ.-мат. наук, доц., директор Издательства НТЛ; **Потекаев А.И.**, д-р физ.-мат. наук, проф.; **Прозументов Л.М.**, д-р юрид. наук, проф.; **Прозументова Г.Н.**, д-р пед. наук, проф.; **Пчелинцев О.А.**, зав. редакционно-издательским отделом ТГУ; **Рыкун А.Ю.**, д-р социол. наук, доц.; **Сахарова З.Е.**, канд. экон. наук, доц.; **Слижов Ю.Г.**, канд. хим. наук., доц.; **Сумарокова В.С.**, директор Издательства ТГУ; **Сущенко С.П.**, д-р техн. наук, проф.; **Тарасенко Ф.П.**, д-р техн. наук, проф.; **Татьянин Г.М.**, канд. геол.-минер. наук, доц.; **Унгер Ф.Г.**, д-р хим. наук, проф.; **Уткин В.А.**, д-р юрид. наук, проф.; **Черняк Э.И.**, д-р ист. наук, проф.; **Шилько В.Г.**, д-р пед. наук, проф.; **Шрагер Э.Р.**, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА. БИОЛОГИЯ»

Кулижский С.П., д-р биол. наук, проф., зав. каф. почвоведения и экологии почв, директор Биологического института (председатель); **Астафурова Т.П.**, д-р биол. наук, проф., зав. каф. агрономии, директор Сибирского ботанического сада ТГУ (зам. председателя); **Гуреева И.И.**, д-р биол. наук, проф., зав. Гербарием П.Н. Крылова (зам. председателя); **Москвитина Н.С.**, д-р биол. наук, проф., зав. каф. зоологии позвоночных и экологии (зам. председателя); **Акимова Е.Е.**, канд. биол. наук, старший преподаватель кафедры экологической и сельскохозяйственной биотехнологии ТГУ (отв. секретарь); **Кривова Н.А.**, д-р биол. наук, проф.; **Бушов Ю.В.**, д-р биол. наук, проф., зав. каф. физиологии человека и животных; **Данченко А.М.**, д-р биол. наук, проф., зав. каф. лесоведения и зеленого строительства; **Пяк А.И.**, д-р биол. наук, проф. каф. ботаники; **Свиридова Т.П.**, канд. биол. наук, зам. директора Сибирского ботанического сада ТГУ; **Стегний В.Н.**, д-р биол. наук, проф., зав. каф. цитологии и генетики.

© Томский государственный университет, 2012

Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 4 (20). С. 7–20

АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.4

М.В. Бобровский[1], С.В. Лойко[2], Г.И. Истигечев[2], И.В. Крицков[2]

[1]Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пущино)
[2]Биологический институт Томского государственного университета (г. Томск)

СЛЕДЫ ВЕТРОВАЛОВ В ТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОЧВАХ ЗАПОВЕДНИКА «КАЛУЖСКИЕ ЗАСЕКИ»

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ
(проекты № 09-04-01689-а, № 11-04-90780-моб_ст).

Проведен детальный морфологический анализ строения темногумусовых почв широколиственных лесов ЕТС и формирующихся в их пределах ареалов предельных структурных элементов, образованных ветровальными почвенными комплексами. Изучение производилось с помощью траншей, выполненных в пределах наиболее старовозрастного участка дубрав заповедника «Калужские засеки». Во всех траншеях описаны следы старых ветровалов. Мощность гумусового горизонта фоновых педонов описанных почв составляет 40–60 см и определяется как глубинами западин вывалов, так и глубиной перемешивания почвы мезофауной. Заметную площадь (до 50%) занимают участки с мозаичным строением профиля – здесь глубина западин прошлых вывалов достигает 120–150 см. Полученные данные обсуждаются с позиций концепции климаксности лесных почв. Если рассматривать ветровалы глубиной 40–60 см, то изученные темногумусовые почвы можно отнести к климаксным, если же брать во внимание сверхглубокие вывалы (глубиной до 130–140 см) как редкие, но типичные для лесной зоны явления, то рассматриваемые почвы нельзя отнести к климаксным.

Ключевые слова: *ветровалы; темногумусовые почвы; Калужские засеки; широколиственные леса.*

Введение

Почвенный покров заповедника «Калужские засеки» характеризуется большим разнообразием автоморфных почв. Здесь представлены практически все почвы, характерные как для южнотаежных, так и для широколиственных лесов. Наиболее широкое распространение в пределах заповедника на песчаных почвообразующих породах имеют дерновые альфегумусовые, а на суглинистых породах – дерново-подзолистые и серые почвы. Уникальным в заповеднике является сравнительно широкое распространение эталонных (раритетных) темногумусовых почв, сформированных под многовидовыми широколиственными лесами [1].

Типичные темногумусовые почвы имеют строение AU–C, где AU – темногумусовый горизонт, C – почвообразующая порода [2]. На территории заповедника темногумусовые почвы впервые были описаны Е.В. Пономаренко и Г.Ю. Офман (авторами они были названы «бурыми лесными») [3, 4]. Эти почвы занимают сравнительно небольшие площади внутри ареалов дерново-подзолистых и серых почв. В своем распространении они в основном приурочены к участкам с расчлененным мезорельефом на территории Южного участка заповедника, где могут быть встречены как на плакорных участках, так и на склонах. Растительность в большинстве случаев представлена старовозрастными широколиственными лесами (в том числе испытавшими в прошлом воздействие интенсивных рубок, лесного выпаса).

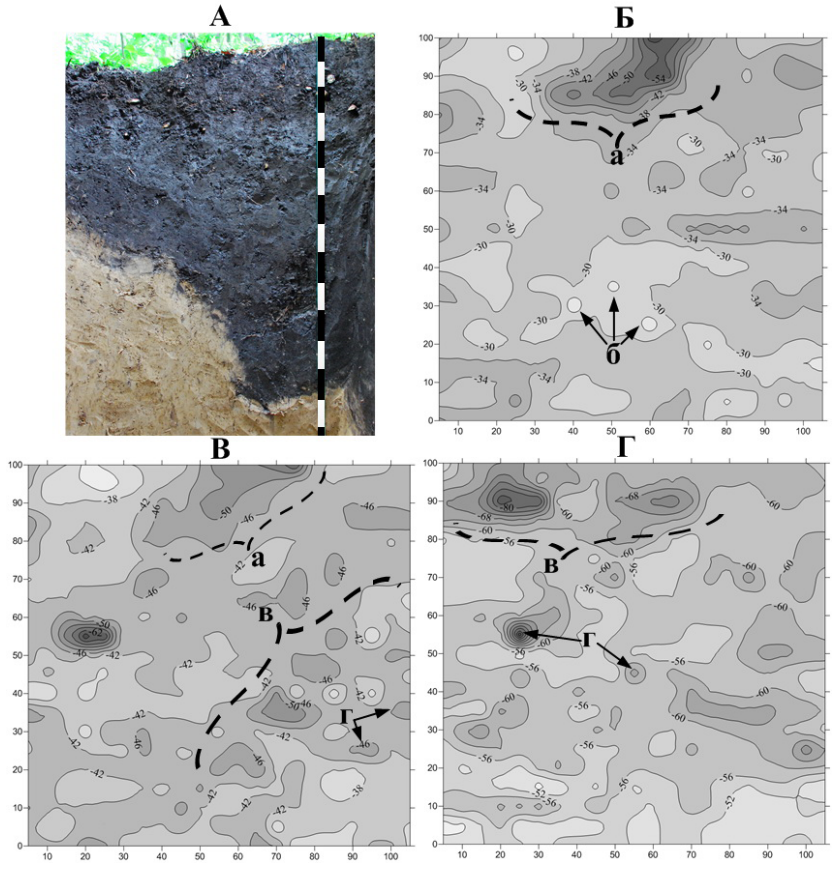

Рис. 1. Темногумусовая почва и рельеф нижних границ ее горизонтов:
А – фоновый и ветровальный участки темногумусовой почвы (цена деления шкалы = 10 см); *Б* – AU (единицы измерения – см); *В* – AUb; *Г* – BAi. Обозначения: *а* – ветровальная депрессия; *б* – «плавающие» комки бурого материала в гумусовом горизонте; *в* – полиморфон, состоящий из сильно перемешанного материала; *г* – корневые заклинки

Стандартная мощность гор. AU в темногумусовых почвах равна 30 см [2], однако на территории заповедника в исследованных нами ранее профилях [1, 5, 6] варьирует от 40 до 112 см, в среднем составляя 68,0±4,2 см, при этом горизонт подразделяется на два подгоризонта, что отражает эволюционный переход темногумусовых почв района исследований к темно-серым почвам (рис. 1, *А*).

Цель работы – морфологическое исследование темногумусовых почв и оценка роли ветровалов в формировании их профилей.

Материалы и методики исследования

Исследования проводили в 2011 г. в наиболее старовозрастном массиве дубрав Южного участка заповедника «Калужские засеки» (квартал 62). Заповедник «Калужские засеки» располагается в Калужской области (Ульяновский район). Северо-западная часть Среднерусской возвышенности между 53º30′–53º50′ с.ш. и 35°35′–35°55′ в.д. Междуречье рр. Ока и Вытебеть (приток р. Жиздры).

Водораздельные пространства здесь образованы слабонаклонными плоскими равнинами высотой от 150 до 250 м, которые расчленены овражно-балочной сетью; преобладают сравнительно молодые овраги и балки с V-образным сечением, реже встречаются балки с террасированными склонами и плоскими днищами с меандрирующими ручьями. На одном из таких водоразделов вблизи молодого оврага были заложены две траншеи: № 11-1 размером 6 м × 2 м × 1,8 м и № 11-2 размером 2,5 м × 2 м × 1,6 м (длина × ширина × глубина). При их изучении применялся детальный морфологический анализ на уровне профиля и составляющих его горизонтов и морфонов. Морфоны – составные морфологические элементы горизонта, образованные повторяющимися простыми элементами – морфемами (внутри последних нельзя провести границу с помощью невооруженного глаза и других органов чувств) [7].

Произведены зарисовки и сделаны фотографии всех стенок траншей (часть фотографий представлена в Интернете. URL: http://www.panoramio.com/user/4107231, тэг «темногумусовые»). Зарисовка производилась путем последовательной съемки границ морфологических элементов в двух координатах. Для детальной трехмерной зарисовки поверхностей горизонтов темногумусовой почвы в траншее №11-1 использован собранный нами пантограф конструкции А.В. Захарченко (установка, состоящая из опорных и скользящей реек, и системы установки уровня) [8]. В качестве нулевой поверхности отсчета глубин была выбрана условная поверхность, перпендикулярная силе тяжести и залегающая выше дневной поверхности. Производилась съемка дневной поверхности, нижней границы гор. AU, а также двух подгоризонтов, отражающих переход от гор. AU к гор. BC.

Результаты исследования и обсуждение

Морфологическая характеристика фоновых почв. В строении изученных почв на траншеях можно выделить два типа элементов строения почвенного покрова. Первый тип – педоны, которые выделены на «фоновых» участках траншей, где горизонтное строение профиля менее всего осложнено ветровальными полиморфонами. Второй тип – предельные структурные элементы, выделенные на участках траншей, где профиль имеет мозаичное строение за счет сильного преобразования исходного горизонтного строения почвы вывалами. При этом в рельефе дневной поверхности следы ветровального почвенного комплекса (ВПК) не выражены, что позволяет рассматривать участки мозаичного строения как «корни» ВПК. В качестве примера приведем описание строения педона, вскрытого траншеей № 11-1 на фоновом участке ареала темногумусовой почвы (рис. 2).

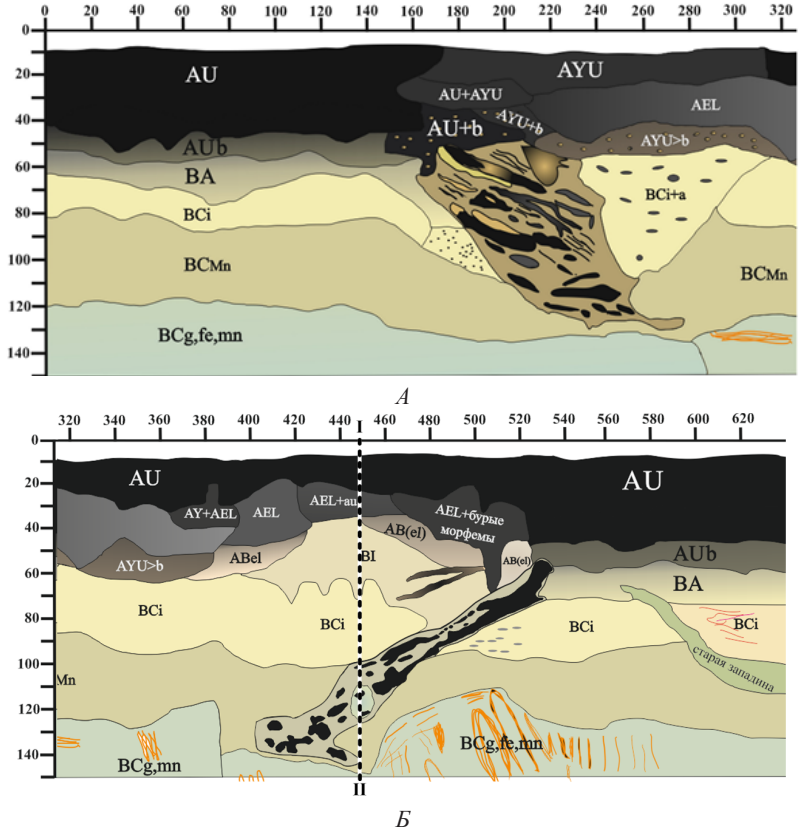

Рис. 2. Схема строения профиля темногумусовой почвы со следами вывальных нарушений (траншея №11-1). Видны следы двух провернутых вывалов:
А – отрезок траншеи с отсыпкой в передний клин западины одного глубокого вывала;
Б – отрезок траншеи с отсыпкой по западине другого глубокого вывала.
I–II – перпендикулярная зарисовка (см. рис. 4, *А*)

AU (0–38/41 см): типодиагностический темногумусовый горизонт, подразделяющийся на два подгоризонта. AU1 (0–27/32 см), во влажном состоянии имеет темно-серую, местами с буроватым оттенком окраску. Местами при подсыхании может становиться серым с седоватым оттенком за счет присыпки, незаметной во влажном состоянии. По нашим наблюдениям, такие участки приурочены к западинам мелких вывалов. В целом этот подгоризонт характеризуется однородностью свойств; рыхлый, мелкокомковато-комковатый с зернистыми копрогенными агрегатами. Обильно переплетен мелкими корнями растений. Тяжелосуглинистый. В горизонтальном простирании варьируют значения плотности, характера сложения и степени биогенной проработки. Много ходов червей. Переход явный, местами заметный по структуре и появлению буроватых морфем. Нижний подгоризонт – AU2 (27/32–38/41 см), имеет темно-серый фон с пятнами светло-бурого материала (морфемами), которые могут иметь как резкие, так и диффузные границы с вмещающим материалом. При подсыхании местами появляется седоватость. Кроме светло-бурых, встречаются слабоконтрастные темно-серо-буроватые пятна. Их размер, как правило, менее 1 см; а количество их увеличивается от верхней к нижней части подгоризонта. Структура многопорядковая: призмовидные отдельности 2×3 см распадаются на угловато-ореховатые агрегаты с признаками комковатости. Много камер червей и копролитов. Тяжелый суглинок. Внутриагрегатная пористость развита слабо, но за счет неплотной упаковки агрегатов хорошо выражена межагрегатная пористость, благодаря чему горизонт легко рассыпается на структурные отдельности. Среди межагрегатных пор большое количество занимают цилиндрические – ходы корней и червей, местами намечаются вертикальная трещиноватость и гумусовые зеркала. Переход к нижележащему горизонту определяется по увеличению количества бурых пятен и структуре и изменяется от явного к заметному.

Производилась съемка нижней границы тёмногумусового горизонта AU, а также двух подгоризонтов, отражающих переход от гор. AU к гор. BC: горизонты AUb и BAi. Нижнюю границу гор. AU диагностировали по появлению морфем и морфонов с доминированием бурого цвета в окраске. Рельеф нижней границы гор. AU (см. рис. 1, *Б*), в сравнении с переходными горизонтами (см. рис. 1, *В*, *Г*), является наиболее спокойным. Выделяется лишь одна крупная депрессия (см. рис. 1, *Б*, *а*) ветровального генезиса. На фоне плавно изменяющихся границ встречаются отдельные подъемы (см. рис. 1, *Б*, *б*), представляющие собой либо бурые «плавающие комки», либо скопления червоточин со светло-бурым заполнением. Плавность рельефа обусловлена достаточно хорошей проработкой рассматриваемой границы дождевыми червями, отчего демаркационную линию во многих случаях проводили условно, посередине области постепенного перехода.

Образование периодически встречающихся в темногумусовом горизонте светлогумусовых (AY) и гумусово-элювиальных (AEL) морфонов мы свя-

зываем с процессами поверхностного осветления (отбеливания), которые протекали на буграх и в западинах вывалов. Их расположение в профилях соответствует буграм и западинам ВПК. После нивелирования рельефа ВПК образовавшийся осветленный материал вовлекается в копрогенное гумусообразование, приобретая со временем более темную окраску. Наиболее интенсивно этот процесс протекает у поверхности почвы, поэтому морфоны AY, AEL переходят в гор. AU сверху вниз (увеличение мощности происходит постепенно в результате деятельности дождевых червей).

AUb (38/41–49/53 см): окраска неоднородная, на темно-сером и буровато-темно-сером фоне неупорядоченно рассыпаны мелкие бурые пятна (диаметром менее 1 см), что приводит к формированию крапчатости; зачастую пятна, как серые, так и бурые, имеют вертикальную ориентировку, что свидетельствует о вкладе червей в их формирование. Темно-серые пятна преобладают; за счет их перемешивания с бурыми пятнами формируется широкая гамма цветовых переходов. Границы между пятнами встречаются не только диффузные слабоконтрастные, но и резкие контрастные, что может быть связано как со временем их формирования, так и с генезисом. Местами заметны кротовины. При подсыхании окраска принципиально не меняется, но появляются мелкие фрагментарные скелетаны, в том числе каркасные (т.е. те, что остались на месте при отмывке ила) во внутрипедной массе. Структура мелкоореховато-мелкокомковатая. Внутриагрегатная волосистая порозность имеет малое развитие. Ореховатость слабее, чем в гор. AU. Имеются изометрические биогенные поры диаметром до 1–1,5 см. Еще встречаются ходы червей, в основном межагрегатные. В целом межагрегатная порозность выражена слабее, чем в гор. AU2, отчего сложение горизонта более плотное. Переход по окраске и структуре изменяется в пространстве от заметного и явного до постепенного. Граница волнистая.

На рис. 1, *В* приведен рельеф нижней границы гор. AUb. Границу между гор. AUb и BAi проводили на горизонтальном срезе там, где площадь пятен с доминированием в окраске бурого становилась, при движении вниз, больше площади пятен с преобладанием серого. Депрессионная структура (рис. 1, *В*, *а*) переходит из вышележащего горизонта, отчего граница горизонта AUb совпадает с нижней границей гор. AU. В сравнении с вышележащим горизонтом появляется заметно больше небольших изометричных образований, связанных с былыми корневыми ходами (рис. 1, *В*, *г*), которые из-за меньшей активности мезофауны лучше сохраняются. Часть этих образований формирует полиморфоны (рис. 1, *В*, *в*), связанные происхождением с действием вывала дерева, основная масса якорных корней которого заканчивалась на глубине около 50 см. В пространстве между депрессиями и полиморфонами по-прежнему сохраняются достаточно плавные переходы, формирование которых связано с деятельностью мезофауны и мелких корней.

Нижняя часть гумусированной толщи представлена гор. BAi (49/53–62/64). Окраска его неоднородная, между светло-бурой и бурой, с постепен-

ным переходом к серовато-светло-бурой. Серые и серо-бурые пятна зачастую имеют вертикальную ориентировку, что в основном связано с ходами червей. Имеются резкие границы между серым и бурым материалом. По редким граням заметны тонкие, слабоконтрастные коричневато-бурые кутаны, есть они и по ходам корней. Выраженность их в горизонтальном простирании неодинакова. Более выражена волосная внутриагрегатная пористость. Глина. Структура переходная от комковатой к ореховато-комковатой и мелкопризматически-комковатой, зависит от выраженности граней. В сравнении с вышележащими горизонтами грани становятся крупнее, реже, отчего у выламывающихся агрегатов многие поверхности неровные. Резко уменьшается количество цилиндрических пор. Единичные мелкие корни, кротовины. Преобладают поры по ходам корней. Переход постепенный по окраске и структуре.

Рельеф нижней поверхности гор. BAi в целом похож на предыдущий горизонт, но от гор. AU отличается явным увеличением числа изометричных понижений, образование которых можно связать как с вывальными явлениями, когда в результате выдергивания нескольких корней в дальнейшем, по мере заполнения западины, формируются полиморфоны (рис. 1, *Г*, *в*), так и с ходами крупных корней (рис. 1, *Г*, *г*), гумусированный материал в которые мог попадать при засыпке и без ветровала.

BCi (62/64–86 см): светло-бурый фон с диффузными слабоконтрастными серовато-светло-бурыми пятнами и ореолами. В диапазоне глубин 60–70 см появляются россыпи железисто-марганцевых нодулей. Встречаются кротовины темно-серые, а также серовато-светло-бурые. Единичные корни, как мочковатые, так и крупные. Трещинная сеть редкая; грани трещин покрыты тонкими слабоконтрастными коричневато-бурыми кутанами, имеющими большую толщину. По магистральным трещинам кутаны перекрыты сеткой корней, часть из которых уходит в нижележащие горизонты. Магистральные трещины начинаются в этом горизонте и уходят вглубь, вплоть до гор. BCfe,g,mn. Достаточно хорошо развита волосная пористость; ходы червей единичны; цилиндрические поры представлены в основном корневыми ходами. Структура комковато-крупноглыбистая с преобладанием у отдельностей поверхностей изломов, измятые грани встречаются редко. Переход по увеличению числа и размера Fe-Mn-нодулей, уменьшению выраженности межагрегатных кутан и исчезновению малоконтрастных серых примазок.

Глубже расположены переходные к почвообразующей породе горизонты с преобладанием геохимических признаков почвообразования.

BCmn (86–111 см): фон светло-бурый, с очень слабоконтрастными ржаво-охристыми разводами и россыпью железисто-марганцевых нодулей (с преобладанием марганцевых) диаметром 1–1,5 мм, реже 2–3 мм. Ходы корней с темно-бурой окраской стенок. Глина. Мелкоглыбистая делимость. Единичные кутаны по магистральным трещинам, местами довольно мощ-

ные, темно-бурые. Встречаются кротовины диаметром 6 см, с серым и буровато-серым пестроватым (крапчатым) заполнением. Единичные корни. Переход постепенный по появлению слабоконтрастных охристых разводов вокруг оглеенных морфонов с диффузными и резкими краями.

BCfe,g,mn (111–160 см): на буровато-сизом с ржаво-охристым оттенком фоне разбросаны сизые и ржаво-охристые пятна. Последние зачастую приурочены к старым трещинам, рисунок которых хорошо различается на горизонтальном срезе. В горизонте обильны железисто-марганцевые нодули, местами образующие скопления до 12–15 см в диаметре. Нодули по твердости не отличаются от вмещающей массы и за счет прокраски соединениями железа, особенно сильно накапливающимися по периферии, имеют скорее коричневый, чем черный цвет. Встречаются чистые железистые нодули, количество которых увеличивается вглубь горизонта. Глина. Бесструктурный. Кутаны развиты по современным (без охристого окаймления) и старым трещинам. Переход заметен по окраске.

Gox (160–200): горизонт редуцированного глея. На сизом с буровато-охристым оттенком фоне распределены диффузные слабоконтрастные пятна соединений железа. Заметно уменьшаются количество и размер железисто-марганцевых нодулей, обильными становятся ржаво-охристые нодули железа. Тонкие темно-бурые кутаны по редким трещинам заходят из вышележащих горизонтов и по ходам корней.

В трещинной сети двух нижних горизонтов можно выделить два варианта (вероятно, две генерации) трещин. Первый вариант представлен полыми трещинами с железистыми ореолами (см. рис. 2). Мы предполагаем, что эти трещины были сформированы в тот период, когда исследуемая территория была значительно слабее расчленена овражной сетью; уровень грунтовых вод был намного выше, что определяло постоянно высокую влажность почвенной толщи. В таких условиях в нижней части профиля формировался глеевый горизонт, редкая трещинная сеть которого позволяла попадать водам и воздуху, насыщенному кислородом, в результате чего вокруг трещин формировались окислительные геохимические барьеры и накапливались (гидр)оксиды Fe, формируя ожелезненные ореолы. Впоследствии, в периоды сведения лесов и распашки территории, происходил рост овражной сети, которая внедрялась все глубже в плоские водоразделы, что привело к падению уровней грунтовых вод, окислительной редукции глеевого горизонта и перестройке трещинной сети, в результате чего появилась трещинная сеть второй генерации (рис. 2). В связи с понижением уровня грунтовых вод произошло освобождение порового пространства от капиллярных вод и усилились процессы лессиважа; в трещинах второй генерации наблюдаются однослойные (?) гумусово-глинистые кутаны различной толщины, сформированные материалом, мобилизованным в гумусовом горизонте. Часть современных трещин сопряжена с гумусовыми заклинками по ветровальным нарушениям, что позволяет предположить, что эти трещины существуют

достаточно давно, так как проникновение корней по ослабленным участкам горизонтов является вторичным явлением в сравнении с формированием самих этих участков (трещин).

Признаки ветровалов в исследованных почвах. Траншеи закладывались в фоновых почвах без выраженного ветровального микрорельефа, т.е. возраст вывальных нарушений во всех случаях был достаточно большим. При этом в обеих описанных траншеях были диагностированы признаки ветровальных нарушений.

В траншее № 11-1 (см. рис. 2) были описаны следы четырех ветровалов. Как видно из схемы, диапазон от 150 до 530 см по горизонтали занят предельным структурным элементом почвенного покрова, образованным двумя ветровалами. Глубина структур, связанных с ветровалами, составляет около 140 см (дно ветровальной западины). С двух сторон к ним примыкают фоновые педоны, для которых, однако, также диагностированы ветровальные нарушения: сравнительно мелкая западина вывала в диапазоне от 20 до 60 см; западина вывала глубиной около 120 см в диапазоне от 570 до 640 см – дно западины очерчено вогнутым морфоном оливковой окраски, над которым залегает гор. BCi с красноватым оттенком.

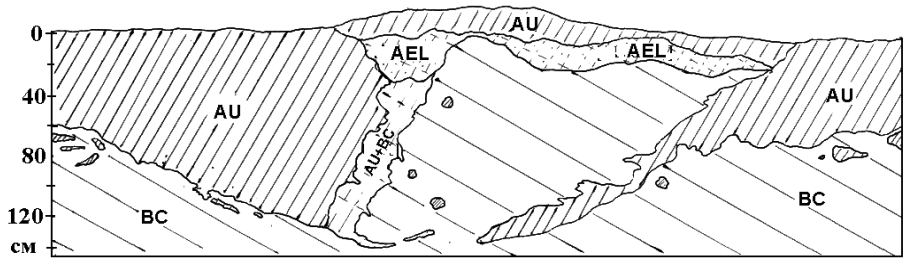

Рис. 3. Схема строения темногумусовой почвы со следами провернутого вывала. Траншея 96-1 выполнена в плоскости оси падения дерева (ствол упал влево относительно наблюдателя, после чего основание ствола с материалом почвенного кома переместилось вправо, в западину вывала), по [3]

Наблюдаемая картина поразительно напоминает облик профиля темногумусовой почвы (разрез 96-1), описанной нами ранее на этом же участке заповедника (рис. 3). Принципиальное отличие данных профилей в том, что в траншее № 11-1 (рис. 2; 4, *А*, *Б*) представлены следы двух крупных провернутых вывалов; траншея пересекает оси падения деревьев; строение профиля почвы в траншее № 96-1 (рис. 3) связано с одним крупным провернутым вывалом; траншея выполнена по оси падения дерева. Различия хорошо заметны при рассмотрении структур, описанных в траншее № 11-1, перпендикулярных профилю, показанному на рис. 2 (правой стороной примыкают к линии I–II). Полиморфон на рис. 4, *А* соответствует вывалу, расположенному в правой части траншеи №11-1 (расположен примерно на 450 см

траншеи), а на рис. 4, *Б* приведена фотография отпрепарированной поверхности этого морфона, на ней хорошо видна чашевидная форма морфона, что доказывает ее ветровальный генезис, путем отсыпки материала гор. AU на дно западины. Аналогичная структура залегает в диапазоне от 150 до 270 см по стенке траншеи № 11-1 (см. рис. 2). Между собой эти чашевидные морфоны не соединяются, что указывает на их формирование при вывале двух расположенных рядом деревьев.

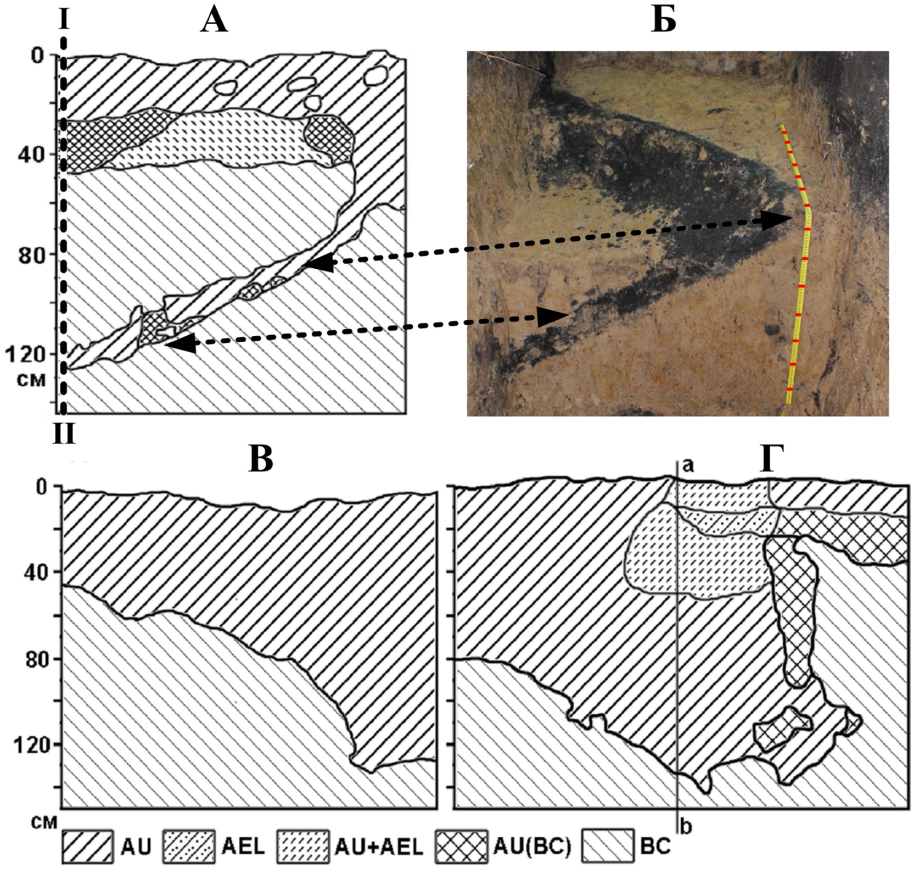

Рис. 4. Полиморфоны в темногумусовых почвах. *А* – темногумусовая отсыпка по дну западины в гор. BC. Траншея № 11-1. Сечение перпендикулярно простиранию и примыкает левой стороной к линии I–II, обозначенной на рис. 2. *Б* – отпрепарированная чашевидная поверхность темногумусовой засыпки (см. рис. 4, *А*). *В* – передний клин западины с темногумусовой отсыпкой в траншее № 11-2 (срез перпендикулярен линии *a–b* на рис. 4, *Г*). *Г* – передний (слева) и задний клинья западины провернутого вывала в траншее № 11-2

На рис. 4, *В*, *Г* показана схема строения темногумусовой почвы в траншее № 11-2, выполненной неподалеку от траншеи № 11-1. В обеих проекци-

ях видна структура, сформированная в результате формирования мощного провернутого вывала. Разрез на рис. 4, *В* выполнен перпендикулярно оси падения дерева в наиболее глубокой части переднего клина западины – видны фоновая мощность гор. AU (45–60 см) и его заглубление в результате отсыпки гумусированного материала в западину до глубины 130 см (рис. 1, *А*). Стенка на рис. 4, *Г* перпендикулярна стенке на рис. 4, *В*, здесь разрез выполнен по оси (или почти по оси) падения дерева (направление падения ствола – влево относительно наблюдателя). Основную часть на рис. 4, *В* занимает изображение переднего клина провернутого вывала; справа находится материал BC в центральной части западины, повернутый и перемещенный назад при вывале, но практически не перемешанный с гор. AU.

Проведенная морфогенетическая характеристика заложенных траншей позволяет заключить, что для темногумусовых почв характерны два уровня ветровальной неоднородности: 1) меньшая по размерам мозаика морфонов в пределах от дневной поверхности до нижней части гумусированной толщи; 2) следы ветровалов в глубоких горизонтах (гор. BC вплоть до 150 см).

В связи с этим представляется интересным обсуждение идеи Е.В. Пономаренко [4], согласно которой многократные педотурбации постепенно увеличивают мощность гумусового горизонта. В результате климаксные лесные почвы характеризуются наличием мощного гумусового горизонта в пределах корнеобитаемого слоя деревьев. М.В. Бобровским темногумусовые почвы засек рассматриваются в качестве примера таких почв [1, 5].

Как видно из изложенных выше результатов, в темногумусовых почвах «Калужских засек» такому критерию соответствуют только почвы, пройденные вывалами мощностью до 50–70 см. Участки же со следами вывалов мощностью 70–150 см приводят, с одной стороны, к увеличению мощности гумусового горизонта (местами до 130 см) за счет отсыпки материала гор. А в западину, с другой – к разрыву гумусового горизонта в результате поворота выноса на поверхность материала нижних горизонтов (при повороте почвенного кома вывалом). В результате описанные почвы не соответствуют критериям, предъявленным выше к климаксным почвам. По нашему мнению, можно представить несколько причин того, что глубина западин некоторых вывалов в данных почвах больше мощности гумусового горизонта (при этом несколько причин могли действовать одновременно):

1. Мощность крупных вывалов не может быть критерием мощности перемешивания материала гумусового горизонта, поскольку произошло изменение глубины вывалов со временем – ее уменьшение (а) или увеличение (б):

а) мощность вывалов со временем уменьшилась, и более мелкие вывалы не имели возможности стереть следы более мощных древних вывалов (уменьшение глубины вывалов могло быть связано с уменьшением максимального размера деревьев). Эта гипотеза плохо согласуется с нашими результатами сравнения мощностей древних и современных ветровалов, показывающих их сходство;

б) вначале мощность вывалов не превышала 60 см (современная мощность гор. AU), однако затем глубина вывалов увеличилась. При этом более молодые мощные вывалы еще не успели полностью перемешать почвенную толщу на соответствующую глубину, поэтому мощность гор. AU меньше глубины западин многих вывалов. Увеличение мощности вывалов может быть связано с более глубоким распространением корневых систем деревьев. Последнее может объясняться уменьшением степени увлажнения почв в результате как общей аридизации региона, так и увеличения базиса эрозии (вследствие углубления овражно-балочной сети). Известно, что в более влажных условиях деревья формируют более поверхностные корневые системы [4, 5]. Данное предположение согласуется с описанным выше строением трещинной сети в темногумусовых почвах.

2. Мощность вывалов не менялась со временем, но глубокие провернутые вывалы, способствующие углублению гумусового горизонта, не успели перемешать всю толщу почвы. Этому могут быть две причины (не исключающие друг друга):

а) недостаточная «древность» почв: со времени начала почвообразования прошло недостаточно времени для того, чтобы была гумусирована вся толща почвы, оборачиваемая вывалами;

б) описываемые почвы являются достаточно древними, однако глубокие вывалы были сравнительно редким событием, и поэтому не смогли перемешать верхнюю толщу почвы.

3. Вывалы деревьев являются существенным, но не главным фактором, определяющим мощность гумусового горизонта. Глубина перемешивания почвы и заглубления гумусированного материала, мощность гор. AU «фоновых» педонов связаны, в первую очередь, с глубиной проработки почвы педофауной (прежде всего, дождевыми червями). Лабораторные эксперименты показывают, что черви осваивают весь объем предоставленной им почвы, однако наиболее активное перемешивание почвенной массы происходит на глубину до 60 см [9], что соответствует фоновым мощностям гор. AU в изученных темногумусовых почвах.

Заключение

Формирование и разрушение корневых систем деревьев (ризотектоники), ветровалы приводят к углублению нижних границ почвенных горизонтов. Исходя из того, что корни взрослых деревьев проникают на сходные глубины, можно сформулировать следующее правило: в почвенном профиле длительно лесных территорий должен выделяться хотя бы один горизонт, нижняя граница которого была бы обусловлена глубинами проникновения основной массы якорных корней и оборачивания ими почвенной массы при ветровальных явлениях. Однако, учитывая наличие корневых систем деревьев, отклоняющихся по габитусу от средних параметров, как правило,

можно выделить еще один или два подгоризонта с границами, залегающими выше и ниже фоновой. В темногумусовых почвах заповедника «Калужские засеки» мощность гумусового горизонта фоновых педонов составляет 40–60 см; на этих участках мощность гор. AU, вероятно, определяется как глубинами западин вывалов, так и глубиной перемешивания почвы мезофауной. Заметную площадь (до 50%) занимают участки, где глубина западин прошлых вывалов заметно больше мощности гор. AU фоновых педонов (100–150 см). Здесь профиль темногумусовой почвы имеет преимущественно мозаичное строение и состоит из предельных структурных элементов.

Благодарим руководство заповедника «Калужские засеки» за предоставленную возможность проведения исследований и содействие в выполнении работы.

Литература

1. *Бобровский М.В.* Автоморфные почвы заповедника «Калужские засеки» и их генезис // Труды государственного природного заповедника «Калужские засеки». Калуга : Полиграф-Информ, 2003. Вып. 1. С. 10–55.
2. *Классификация* почв России. М. : Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997. 235 с.
3. *Пономаренко Е.В., Офман Г.Ю.* Разнообразие почвенного покрова и эталонное значение почв // Обоснование организации заповедника «Калужские засеки». М., 1990. С. 41–52. Рукопись. (Архив ФГУ ГПЗ «Калужские засеки»).
4. *Пономаренко Е.В.* Методические подходы к анализу сукцесионных процессов в почвенном покрове // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / под ред. О.В. Смирновой, Е.С. Шапошникова. СПб. : РБО, 1999. С. 34–57.
5. *Бобровский М.В.* Лесные почвы: биотические и антропогенные факторы формирования // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / отв. ред. О.В. Смирнова. М. : Наука, 2004. Кн. 1. С. 381–427.
6. *Бобровский М.В.* Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. 359 с.
7. *Корнблюм Э.А.* Основные уровни морфологической организации почвенной массы // Почвоведение. 1975. № 9. С. 36–48.
8. *Захарченко А.В., Захарченко Н.В.* Опыт трехмерной морфометрии поверхностей почвенных горизонтов в натурных исследованиях // Почвоведение. 2006. № 2. С. 153–160.
9. *Bastardie F., Capowiez Y., Cluzeau D.* 3D characterisation of earthworm burrow systems in natural soil cores collected from a 12-year-old pasture // Applied Soil Ecology. 2005. Vol. 30. P. 34–46.

Поступила в редакцию 15.08.2012 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2012. № 4 (20). P. 7–20

Maxim V. Bobrovsky[1], Sergey V. Loyko[2], Georgy I. Istigechev[2], Ivan V. Krickov[2]

[1]Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow region, Russia
[2]Biological Institute of Tomsk State University, Tomsk, Russia

TRACES OF THE WINDFALL PEDOTURBATIONS IN THE DARK-HUMUS (HAPLIC PHAEOZEM) SOIL IN THE «KALUZSKIE ZASEKI» RESERVE

We analyzed the morphological structure of the dark-humus (Haplic Phaeozem) soil in the old-growth oak forest massive located in South district of the Reserve «Kaluzskie zaseki» (Kaluga region, European part of Russia). The dark-humus soils occur relatively rare in the Reserve; they are situated inside vast areas of sod-podzolic and grey soils (Luvisols). The dark-humus soils are confined to areas of very erosive relief in the Reserve's South district, but one can find these soils in ravines' slopes and in flat areas (placors) as well.

Typical dark-humus soils have a AU – C structure, where AU is a dark-humus horizon, and C is a soil-forming rock. The usual power of AU horizon in this soil doesn't exceed 30 cm. However, in the Reserve the power of the AU horizon in the dark-humus soils varies from 40 to 112 cm with the average 68.0±4.2 cm. The aim of our work was to investigate dark-humus soils morphology and to assess inputs of trees' windfalls in soil formation.

Several long soil profiles (trenches) up to 6 meters were studied by means of the detailed morphological analysis at the levels of horizons and separate morphons. Traces of old trees' windfalls with uprooting were identified in almost all soil profiles. On the basis of the structure of the studied trenches, we marked two types of structure elements in the soil cover. The first one (we named this pedons) is good marked at the soil profile background; profiles' horizon structure is less complicated by windfall mosaics (by windfall poly-morphones) here. The second one is 'the limit structural elements'. They are marked in the profiles where profiles' horizon structure is greatly transformed by trees' windfalls with uprooting.

We have shown that formation and destruction of trees' roots as well as trees' windfalls lead to the deepening of the lower boundaries of soil horizons. The depths of roots are similar for many forest tree species, so we can wait for the following: in a long-term forest area in a soil profile at least one horizon should be caused by the depth of trees' anchor roots and by the soil turning after tree falls with uprooting. Since root systems of trees deviated from the habit average parameters, there is one or two additional horizons with boundaries above and below the background.

In the dark-humus soils in the «Kaluzhskie zaseki» Reserve, the depths of the humus horizon vary from 40 to 60 cm on typical sites. This depth is determined by the power of old windfalls and soil fauna activities. 'Non-typical' soils have mosaic profiles, the depths of the old windfalls in these soils range within 120–150 cm.

Keywords*: windfalls; Haplic Phaeozem; Kaluzskie zaseki; broad-leaved forests.*

Received August 15, 2012