

АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.48

doi: 10.17223/19988591/30/1

В.З. Спирина, Т.В. Раудина

*Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Особенности почвообразования и пространственного распространения почв высокогорных склонов Юго-Восточного Алтая

Получены данные, характеризующие закономерности распространения, строения и свойств почв высокогорных склонов отрога Курайского хребта Юго-Восточного Алтая. Важным фактором развития почв в условиях резко континентального сухого, зимой холодного и летом иногда знойного климата является солнечная инсоляция. Неоднородность прогревания склонов вызывает инверсию в распространении почвенных типов и формаций растительности. Так, установлено, что на южной экспозиции склона формируются горно-луговые почвы, граница распространения которых в Юго-Восточном Алтае поднимается на большую высоту. На северном и северо-восточном склонах горно-луговые почвы сменяются автоморфными горно-тундровыми дерновыми и горно-тундровыми торфянистыми. Отмечено, что основными процессами почвообразования являются дерновый, гумусообразование, торфонакопление, а также первичное, или примитивное, почвообразование, которое наиболее ярко проявляется в почвах, формирующихся в верхних частях пояса. В летние месяцы в профиле почв, как правило, содержится мало влаги, что способствует хорошему прогреванию и формированию своеобразного гидротермического режима, а в зимнее время в результате низкой водонасыщенности образуется «сухая мерзлота». Показано, что для всех вариантов горно-тундровых почв свойственно отсутствие морфологически выраженных признаков процессов оподзоливания, оглеения и морозных деформаций.

Ключевые слова: высокогорные почвы; «сухая, или рыхлая» мерзлота; грубый гумус; первичное (примитивное) почвообразование; инверсия; физическое выветривание.

Введение

Горные системы занимают более одной части суши земного шара. Их природа имеет много своеобразных черт, отличающих их от равнин и позволяющих объединить одним понятием «горы». Своеобразие горных

экосистем определяет как особенности почвообразования, так и характер использования горных почв. Горные районы отличаются от равнин и низменностей по рельефу, характеру растительности, особенностям климата; горы представляют «своеобразную стихию», особый мир – совокупность оригинальных ландшафтов и биогеоценозов, не повторяемых на равнинах. Все это накладывает отпечаток и на характер почвенного покрова: почвы гор своеобразны и во многих отношениях отличаются от почв равнин, даже в тех случаях, когда формируются под сходной или одинаковой растительностью. Еще С.А. Захаров в 1948 г. писал, что горные почвы по ряду признаков отличаются от почв равнин: их нельзя отождествлять с последними, а нужно выделить в особый отдел или класс. Горные почвы оригинальны по своему образованию, своей морфологии, по составу и динамике [1]. Из морфологических признаков наиболее характерными для горных почв являются: сравнительно слабая дифференциация на горизонты, небольшая мощность профиля, высокая скелетность, а также обогащенность крупными фракциями и первичными слабыветрелыми минералами. В почвообразование здесь вмешиваются геологические процессы и осложняют его смыванием, намыванием, осыпями, оползнями. Широкое развитие процессов денудации приводит к господству в горах относительно молодых почв; они находятся в стадии постоянного развития, обновления, а слагаемый ими почвенный покров не имеет сплошного распространения [2].

Во второй половине прошлого века достигнуты значительные успехи в изучении почвенного покрова Горного Алтая. В 1945 г. Б.Ф. Петров начал исследования Юго-Восточного Алтая и выявил широкое распространение горно-тундровых почв особого перегнойного типа, инверсии тундровых и степных почв, явления контакта степей и тундр. Полученные данные в ходе последующих экспедиций в Горный Алтай позволили вскрыть ряд характерных генетических особенностей основных типов почв, показать специфику их физико-химических и биологических свойств, процессов почвообразования, обосновать правомочность выделения некоторых новых генетических почвенных типов, ранее на территории горных систем юга Сибири не выделявшихся [3]. Так, Е.Н. Смоленцева [4] отмечает, что в результате проведенных в 2006–2007 гг. исследований межгорных котловин Юго-Восточного Алтая получены новые сведения о разнообразии почв, их свойствах, генезисе и экологии. Впервые для диагностики почв использована система типодиагностических горизонтов новой классификации почв России. В частности, установлено, что дифференциация почвенного покрова здесь в значительной мере определяется пространственной вариабельностью геологических компонентов – поверхностных седиментов и частично рельефом.

Горный рельеф является главной причиной большого разнообразия почвенного покрова. Вертикально-поясная смена типов почвообразования отражает соответствующее изменение с высотой всех его факторов, прежде всего климата и растительности. При этом почвообразование осложняется

пестротой почвообразующих пород, постоянным проявлением смыва мелкозема и накопления обломочного материала, вовлечением свежих невыветрелых горных пород в сферу почвообразования, проявлением внутрипочвенного стока – интенсивного переносчика вещества и энергии. Высокогорные почвы, не защищенные плотной дерниной трав или лесной подстилкой, постоянно находятся в состоянии формирования и разрушения. Здесь часто можно наблюдать первые стадии почвообразования и постоянное «омолаживание» почв. Горные системы земного шара чрезвычайно разнообразны, поэтому изучать проблемы горного почвообразования необходимо с учетом региональных и локальных особенностей конкретной горной страны [5].

Район исследования автоморфных горно-тундровых и горно-луговых альпийских почв относится к высокогорному поясу Юго-Восточного Алтая. Формируются данные почвы в условиях низких температур, значительно-го атмосферного увлажнения, на склонах разной крутизны и экспозиции. В связи с сочетанием различных факторов почвообразования рассматриваемые почвы имеют ряд отличительных особенностей в пространственном распространении, морфологии, гранулометрическом составе, а также в физико-химических свойствах, что и определяет актуальность исследования данных почв Горного Алтая. Таким образом, цель представленной работы – выявление особенностей генезиса и свойств некоторых высокогорных почв Юго-Восточного Алтая, а также определение их классификационной принадлежности.

Материалы и методики исследования

Районы Юго-Восточного Алтая находятся под влиянием монгольского резко континентального сухого, зимой холодного и летом иногда знойного климата, высота снежного покрова небольшая, и в период сильных ветров снег почти полностью сдувается с равнинных пространств котловин и речных долин. В связи с этим почвенно-грунтовая толща промерзает глубоко – до 3 м и более. Наличие таких своеобразных черт в термическом режиме Юго-Восточного Алтая определяет экстраконтинентальный характер его климата [6]. На склонах и вершинах хребтов Юго-Восточного Алтая отмечается постепенное снижение дефицита влаги по мере подъема в горы и нарастание дефицита тепла в этом же направлении. Неоднородность прогревания склонов особенно ярко проявляется в зимний период. Наибольшая разность температур утром и вечером достигает 23°C. Наличие зимней инверсии температур в Юго-Восточном Алтае вызывают инверсии в распределении почвенных типов и формаций растительности [7].

Объектом исследования послужили автоморфные горно-тундровые и альпийские горно-луговые почвы высокогорного пояса отрога Курайского хребта Юго-Восточного Алтая, формирующиеся на склонах различной крутизны и экспозиции (50°6'4" с. ш. и 88°51'48" в. д., 2484 м над ур. моря).

Обследование территории проводилось методом маршрутов с использованием преимущественно сравнительно-географического метода исследования и морфологического метода – оценки свойств почв на уровне почвенного профиля и генетических горизонтов. Химические, физико-химические свойства и гранулометрический состав определялись в соответствии с общепринятыми в почвоведении методами [8–10]. Диагностика почв проводилась с использованием «Классификации и диагностики почв СССР» [11], а также «Классификации и диагностики почв России» [12] для установления генетической связи и поиска аналогов почв с таксонами Классификации 1977 г.

Результаты исследования и обсуждение

В соответствии с «Классификацией и диагностикой почв СССР» [11] исследуемые объекты относят к типу горно-тундровых и горно-луговых почв. Отмечено, что изученные типы почв развиваются на щебнистом элювии и элювио-делювии плотных осадочных и изверженных коренных пород на склонах различной крутизны и экспозиции, а вследствие частого выхода на поверхность горных пород развитие почв нередко происходит фрагментарно, особенно на южных более крутых склонах.

Горно-луговые альпийские почвы (рис. 1, *а*) развиваются на более теплом и менее увлажненном, по сравнению с горно-тундровыми, юго-восточном склоне под мелкотравной луговой растительностью с участием злаков. Профиль хорошо дренируемых альпийских луговых почв характеризуется разной степенью задернения верхнего органогенного горизонта темно-бурого цвета, мощность которого колеблется в пределах 10–20 см. С глубиной темная окраска и оструктуренность быстро ослабевают, содержание мелкозема уменьшается и возрастает количество щебня. Горно-луговые почвы будучи типичными почвами высокогорий формируются в экстремальных биоклиматических условиях, отличающихся холодным климатом, высокой солнечной радиацией, коротким периодом биологической активности. Широкое распространение данные почвы имеют преимущественно на южных более теплых склонах. На северном и северо-восточном склонах горно-луговые почвы сменяются автоморфными горно-тундровыми дерновыми (рис. 1, *б*) и горно-тундровыми торфянистыми (см. рис. 1, *с*) почвами. Для профиля горно-тундровых дерновых почв, развивающихся преимущественно под травянистой тундровой растительностью, характерен дерново-перегнойный горизонт А серо-бурого цвета с обилием корней. Мощность этого горизонта не превышает 10–15 см. Ниже располагается переходный горизонт АВ, а затем сильнощебнистый серовато-бурый карбонатный горизонт ВС, обусловленный карбонатной почвообразующей породой. Горно-тундровые торфянистые почвы отличаются наличием торфянистого горизонта темно-бурого цвета с серым оттенком. Под ним залегает минеральный слой, который пере-

ходит в толщу каменистого материала, слабо затронутого почвообразованием. Горно-тундровые торфянистые почвы, для аккумулятивного горизонта которых характерно «сухое» торфонакопление, можно считать наиболее распространенным подтипом среди автоморфных почвенных образований тундр Горного Алтая.

*a**b**c*

Рис. 1. Профили почв высокогорий Юго-Восточного Алтая:
a – горно-луговой альпийской; *b* – горно-тундровой дерновой;
c – горно-тундровой торфянистой. Фото Т.В. Раудиной

[Fig. 1. Soil profiles of the South-Eastern Altai highlands: *a* - alpine mountain-meadow soil;
b - mountain-tundra sod soil; *c* - mountain-tundra peat soil. Photo by TV Raudina]

В системе Классификации 2004 г. кроме центрального таксономического ранга – почвенного типа – предусмотрено выделение надтиповых единиц, к которым относят стволы и отделы почв. На уровне самых высоких таксономических рангов классификации почвы высокогорного пояса отрога Курайского хребта Юго-Восточного Алтая относятся к стволу постлитогенных почв. Педогенез постлитогенных почв происходит на сформировавшейся минеральной почвообразующей породе, процесс почвообразования не нарушается и не прерывается отложением свежего седиментационного материала. Почвы постлитогенного ствола характеризуются одновременным протеканием почвообразования и осадконакопления, что отражается в строении почвенного профиля. В составе ствола на изученной территории рассматриваемые почвы отнесены к отделу литоземы, выделенному впервые в «Классификации и диагностике почв России» [12]. Этот отдел объединяет почвы, формирующиеся на мелкоземистой или щебнисто-мелкоземистой толще, которая с глубины 30 см подстилается плотной породой любого состава и разного генезиса. В общем виде профиль литоземов состоит из гумусового горизонта мощностью до 30 см, который залегает непосредственно на плотной породе (М). В результате проведенной корреляции горно-тундровые дерновые, горно-тундровые торфянистые и горно-луговые альпийские почвы были отнесены к типам литоземы грубогумусовые, торфяно-литоземы и литоземы перегнойно-темногумусовые соответственно.

Верхние органогенные горизонты литоземов характеризуются разной степенью задернения и буро-серой окраской. В горно-тундровых торфянистых почвах отмечается наличие темно-бурого торфянистого горизонта за счет неразложившихся растительных остатков. Несмотря на то, что с глубиной темная окраска ослабевает, горизонты АВ и В характеризуются повышенной гумусированностью. Нижние горизонты имеют серовато-бурую окраску и постепенно переходят в почвообразующую породу. В горизонтах ВС горно-тундровых дерновых почв наблюдается вскипание за счет наличия карбонатов в породе. С глубиной уменьшается содержание мелких фракций и соответственно возрастает количество крупнозема. Р.В. Ковалев [13] объясняет это тем, что в верхней части профиля почв тундр, в наибольшей степени подверженной резким колебаниям температур, в основном в результате физического выветривания происходит более интенсивная дезинтеграция обломков коренных пород, чем в нижней части профиля. Почвы характеризуются легко- и среднесуглинистым гранулометрическим составом с преобладанием фракций песка и крупной пыли. В верхней части почвенного профиля увеличивается количество тонких фракций за счет более интенсивного процесса выветривания по сравнению с нижележащими горизонтами.

Со спецификой накопления кислых органических веществ и биохимических процессов связана кислая реакция почвенных растворов. Так, горно-тундровые торфянистые почвы характеризуются кислой, слабокислой реакцией среды. В верхних горизонтах $pH = 5,8-6$, в нижних горизонтах

она заметно повышается и в ВС составляет 6,5–6,8. Горно-тундровые дерновые почвы, развитые на карбонатных породах, имеют слабощелочную реакцию среды ($pH = 7,4$). При слабой степени разложения органического вещества в верхнем горизонте и в связи с тем, что основания еще не вымыты, кислотность растворов также часто понижается [14]. Реакция среды коррелирует с распределением обменных катионов Ca^{+2} и Mg^{+2} , содержание суммы которых колеблется от 58 мг-экв/100 г почвы в верхних горизонтах до 13,5 мг-экв/100 г почвы в нижележащих. Такое довольно большое количество обменных форм кальция и магния происходит вследствие их биологической аккумуляции и достигает значительных величин в верхних горизонтах. В составе поглощенных оснований преобладает обменный кальций, на долю которого приходится до 54%. Содержание и распределение обменных оснований коррелирует с распределением органического вещества рассматриваемых почв.

Экстремальные биоклиматические условия, в которых формируются почвы, определяют и характер гумусообразования, и особенности гумусного состояния высокогорных почв [15, 16]. Высокое содержание органического вещества и его глубокое проникновение вниз по профилю – одна из характерных особенностей описываемых почв. Так, максимальное содержание углерода наблюдается в верхних горизонтах и убывает вниз по профилю. Горизонты АТ, Ad характеризуются накоплением довольно больших количеств органического вещества, представленного слаборазложившимися растительными остатками. Содержание органического углерода в верхних горизонтах исследуемых нами почв колеблется от 13,5% в Ad, до 15,3% в АТ. Вследствие неполного разложения растительных остатков и слабой микробиологической активности гумус горно-тундровых почв «грубый». Относительно большое количество органического углерода обнаруживается и в горизонте ВС – от 0,5 до 2%. Такое высокое его содержание объясняется процессами поверхностного выветривания, возникает обширная сеть трещин, повышаются дисперсность и удельная поверхность пород, в результате чего количество органического вещества увеличивается в выветрелых слоях и проникает по трещинам в нижние горизонты [17]. Значительное количество гумуса в нижних горизонтах указывает на высокую подвижность органического вещества и продуцирование легкоподвижных гумусовых веществ. Р.В. Ковалев [13] отмечает, что органическое вещество некоторых горных почв характеризуется малой гумификацией и низкой минерализованностью. Вследствие этого, а также благодаря малой активности микроорганизмов, использующих углерод в качестве источника энергии, в верхней части профиля соотношение C:N широкое – 8–10, но книзу оно сужается до 4–6.

Анализируя морфологию и физико-химические свойства изученных почв, можно сказать, что основными элементарными процессами почвообразования являются дерновый, гумусообразование, торфонакопление. Особого внимания заслуживает наиболее ярко проявляющееся в почвах

верхних частей пояса первичное, или примитивное, почвообразование, для которого характерна более тесная связь процессов выветривания и почвообразования. Рассматривая формирование почв в высокогорьях Северо-Чуйского хребта, В.В. Давыдов, Е.Е. Тимошок [18] отметили, что в суровых условиях с развитием растительного покрова происходит изменение пород и стадийное формирование молодых почв. Проведенное ими исследование показало, что в жестких термических условиях высокогорий процессы выветривания и почвообразования на постгляциальных отложениях происходят медленно, пионерные стадии почвообразования продолжаются 300–500 лет и заканчиваются формированием подбуров и криоземов. Согласно исследованиям Т.А. Корневой [19], суровые климатические условия высокогорья, резкие внутрисуточные перепады температур, подавленность микробиологических процессов приводят к преобладанию в высокогорном поясе физического выветривания, а химическое выветривание ослаблено. Важная роль в биологическом круговороте веществ и энергии принадлежит снежному покрову. Многие, подчас резкие, отличия в морфологических признаках и географическом распределении почв обусловлены характером и особенностями снеготаяния [20]. Мощный снеговой покров не способствует развитию морозных деформаций, оглеения и явлений криотурбации, солюфлюкции, тиксотропии, пливунности, так как формируются эти почвы в условиях хорошего дренажа и, следовательно, обладают хорошей водопроницаемостью и воздухоемкостью. В летние месяцы в их профиле, как правило, мало влаги, что способствует хорошему прогреванию и формированию своеобразного гидротермического режима. Процессы промерзания-оттаивания в почвенном профиле оказывают однотипное воздействие на почвообразование, поскольку почвы холодных аридных районов формируются обычно на каменисто-мелкоземистых и легких по гранулометрическому составу субстратах. В этом случае промерзание происходит быстро, вследствие малой увлажненности количество образующегося льда небольшое, формируется «сухая» или рыхлая мерзлота [13]. Криогенное перераспределение веществ в почвенном профиле не получает значимого развития. Основное влияние промерзания и мерзлого состояния сказывается в физическом раздроблении твердой фазы, в коагуляции и денатурации коллоидно-растворенных и аморфных соединений, что отражается на ряде генетических параметров почв.

Условия тундрового почвообразования приводят к образованию на восточных склонах горно-тундровых дерновых и горно-тундровых торфянистых почв [21]. Так как данные почвы формируются на холодных и переувлажненных склонах, при относительно высоких температурах воздуха днем, приводящих к быстрому просушиванию почв, и низких – ночью, необходимых условий для жизнедеятельности микроорганизмов, а следовательно, и для процессов гумификации не создается. Поэтому органическое вещество данных почв характеризуется малой интенсивностью процессов гумификации и минерализации. Для горно-тундровых торфянистых почв характерен

процесс торфонакопления, но в данном случае он не сопровождается заболачиванием. Это своеобразное сухое торфонакопление определяется слабой биохимической активностью почвы в условиях хорошего дренажа, который в свою очередь обеспечивается рыхлостью почвенной массы и условиями рельефа. В свое время В.И. Волковинцер [22] предлагал определять «сухое» торфонакопление как мумификацию растительных остатков, характерную для аридных экстраконтинентальных климатических условий. Крайне скудные запасы почвенной влаги, высокие температуры на фоне короткого биологически активного периода способствуют тому, что поступающие в почву растительные остатки длительное время не разлагаются, высушиваются, т.е. «мумифицируются». Это подтверждается низкими коэффициентами гумификации и свидетельствует об угнетении процессов минерализации растительных остатков [23, 24]. Иными словами, мумификация является специфическим процессом гумусообразования, характерным для зональных почв криоаридных территорий.

В отличие от горно-тундровых почв горно-луговые почвы, формирующиеся под луговой растительностью на более дренированных и теплых склонах, отличаются наиболее благоприятными условиями для процессов минерализации и гумификации. Развитие горно-лугового почвообразования в высокогорном поясе сопряжено прежде всего с большим увлажнением почв и наличием растительных ассоциаций высокогорных лугов, при этом характер горно-лугового почвообразования в различных районах не остается постоянным. Почвы, формирующиеся под луговой растительностью с богато разветвленной корневой системой, глубоко проникающей в почву, характеризуются хорошо выраженным дерновым горизонтом. Дернина в ненарушенном состоянии является препятствием для эрозии и обуславливает большую мощность почв [25].

Несмотря на то, что исследуемые почвы развиваются в условиях элювиальных элементарных ландшафтов и при высокой норме увлажнения не относятся к оподзоленным, это в определенной мере отличает их от горно-тундровых почв других горных сооружений. Для рассматриваемых горных почв свойственно отсутствие морфологически выраженных признаков оглеения и морозных деформаций, поскольку формируются эти почвы в условиях хорошего дренажа и, следовательно, обладают хорошей водопроницаемостью и воздухоемкостью. Данные горно-тундровые и горно-луговые альпийские почвы за счет отсутствия признаков оподзоливания и оглеения отличаются от горных почв других территорий. Вполне вероятно, что их профиль, вследствие малой мощности и сильной щебнистости, подвергается при интенсивном выпадении летних осадков сквозному промыванию, при котором суспензионное перемещение минеральных частиц происходит без существенного их химического изменения. Кроме того, более энергичное течение процессов выветривания каменистых включений в верхних почвенных горизонтах может в какой-то мере компенсировать вымывание подвижных соединений. Наконец, слабое перераспределение по профилю основных оксидов валового

химического состава может обуславливаться в определенные фазы (высушивания или сильного промерзания) и процессами возвратного подтягивания к верхним горизонтам подвижных соединений, как это показано многими исследователями для почв некоторых горных стран [2].

Заключение

На основании проведенных исследований, с учетом анализа имеющихся литературных источников, установлено, что в высокогорном поясе отрога Курайского хребта Юго-Восточного Алтая широкое распространение имеют горно-тундровые дерновые и горно-тундровые торфянистые почвы, наряду с которыми на значительной территории, покрытой разнотравными альпийскими лугами, формируются горно-луговые альпийские почвы. Рассматриваемые почвы отнесены к отделу литоземы, к типам литоземы грубогумусовые, торфяно-литоземы и литоземы перегнойно-темногумусовые. В связи со своеобразными условиями формирования рассматриваемые почвы имеют ряд особенностей, проявляющихся в свойствах и морфологии. Установлено относительно большое количество органического вещества и глубокое проникновение его в нижние горизонты (до 2%), однако вследствие неполного разложения растительных остатков и слабой микробиологической активности гумус горных почв «грубый». Отмечается, что с глубиной уменьшается содержание мелких фракций и возрастает количество крупнозема в результате более активного физического выветривания в верхней, наиболее подверженной резким колебаниям температур части профиля почв.

Основываясь на морфологии и физико-химических свойствах изученных почв, можно сказать, что ведущими элементарными процессами почвообразования являются дерновый, гумусообразование, торфонакопление, а также первичное, или примитивное, почвообразование, наиболее ярко проявляющееся в верхних частях пояса. Характерный процесс торфонакопления в данном случае не сопровождается заболачиванием, так как определяется слабой биохимической активностью почвы в условиях хорошего дренажа. Для всех вариантов рассмотренных почв, обладающих хорошей водопроницаемостью и воздухоемкостью, свойственно отсутствие морфологически выраженных признаков процессов оподзоливания, оглеения и морозных деформаций. Все это в определенной мере отличает исследованные почвы от подобных почв других горных сооружений.

Литература

1. Захаров С.А. О некоторых спорных вопросах горного почвоведения // Почвоведение. 1948. № 6. С. 347–356.
2. Владыченский А.С. Особенности горного почвообразования. М. : Наука, 1998. 191 с.
3. Ковалев Р.В., Волковинцер В.И., Хмелев В.А., Макеев О.В. Горный Алтай // Путеводитель почвенной экскурсии по Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1967. 147 с.

4. Смоленцева Е.Н. Разнообразие почв и экологические особенности условий почвообразования в высокогорных аридных котловинах Юго-Восточного Алтая // Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное использование. Труды Тигирекского заповедника. 2010. № 3. С. 111–117.
5. Broll G., Keplin B. Mountain ecosystems: studies in treeline ecology. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2005. 354 p.
6. Севастьянов В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1998. 199 с.
7. Модина Т.Д. Климаты Республики Алтай. Новосибирск : НИУ, 1997. 186 с.
8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970, 482 с.
9. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М. : Изд-во МГУ, 1998. 425 с.
10. Середина В.П., Спирина В.З. Аналитические методы исследования почв. Томск : ТГУ, 2007. 106 с.
11. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 221 с.
12. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
13. Ковалев Р.В., Хмелев В.А., Волковинцер В.И. Почвы Горно-Алтайской автономной области. Новосибирск : Наука, 1973. 357 с.
14. Смирнов М.П. Почвы Западного Саяна. М. : Наука, 1970. 235 с.
15. Manojlovic M., Cabilovski R., Sitaula B. Soil Organic Carbon in Serbian Mountain Soils: Effects of land use and altitude // Polish Journal of Environmental Studies. 2011. Vol. 20, № 4. P. 977–986.
16. Dai W., Huang Y. Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China // Catena. 2006. Vol. 65, № 1. P. 87–94.
17. Караваева Н.А., Таргульян В.О. К изучению почв Северной Якутии // О почвах Восточной Сибири. М. : АН СССР, 1963. С. 153–195.
18. Давыдов В.В., Тимошок Е.Е. Формирование почв на молодых моренах в бассейне Актру (Центральный Алтай, Северо-Чуйский хребет) // Сибирский экологический журнал. 2010. № 3. С. 505–514.
19. Корнева Т.А. К минералогии коры выветривания почв Курайского хребта // Почвоведение. 1967. № 11. С. 133–135.
20. Новиков И.С. Морфотектоника Алтая // Геоморфология. 2003. № 3. С. 10–25.
21. Горбачев В.Н. Почвы Восточного Саяна. М. : Наука, 1973. 197 с.
22. Волковинцер В.И. О почвообразовании в степных котловинах юга Сибири // Почвоведение. 1969. № 8. С. 3–11.
23. Куминова А.В. Растительный покров Алтая. Новосибирск : Изд-во СО АН СССР, 1960. 205 с.
24. Волковинцер В.И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск : Наука, 1978. 208 с.
25. Петров Б.Ф. Почвы Алтае-Саянской области. М. : Труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 1952. Т. 2. 245 с.

Авторский коллектив:

Спирина Валентина Захаровна – канд. биол. наук, доцент кафедры почвоведения и экологии почв Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: tanya_raud@mail.ru

Раудина Татьяна Валериевна – аспирант кафедры почвоведения и экологии почв Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета; м.н.с. лаборатории биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: tanya_raud@mail.ru

Поступила в редакцию 14.07.2014 г.; повторно 07.02.2015 г.; принята 09.04.2015 г.

Spirina VZ, Raudina TV. Features of pedogenesis and spatial distribution of the South-Eastern Altai highland soils. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2015;2(30):6-19. doi: 10.17223/19988591/30/1 In Russian, English summary

Valentina Z. Spirina, Tatiana V. Raudina

Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

Features of pedogenesis and spatial distribution of the South-Eastern Altai highland soils

The aim of this work was to determine the genesis peculiarities and automorphic properties of mountain-tundra and alpine mountain-meadow soils of the Kurai ridge alpine spur zone of the South-Eastern Altai formed on the slopes of varying steepness and exposure (50°6'4" N and 88°51'48" E, 2484 m above sea level), as well as their classification category.

We examined the territory by comparative-geographical and morphological method of studying to assess the soil properties at the level of the soil profile and genetic horizons. We defined chemical and physical and chemical properties and granulometric composition with the help of conventional methods in soil science. We carried out soil diagnostics using "Classification and diagnostics of soils in the USSR" and "Classification and diagnostics of soils in Russia" (2004).

We obtained information which characterizes patterns of distribution, structure and properties of soils. On the slopes and tops of the South-Eastern Altai ridges there is a gradual reduction in the deficit of moisture as it rises into the mountains and an increase in scarcity of heat in the same direction. Phenomena of winter temperature inversions in the Southeast Altai cause inversion in the distribution of soil types and vegetation formations. We established that in the alpine zone of the considered territory, under original climatic conditions under various formations of the alpine tundra vegetation, mountain-tundra sod and mountain-tundra peat soils are widespread. Along with that, alpine mountain-meadow soils are formed over a large area covered with mixed grass alpine meadows. An important factor in the development of mountain soils is solar radiation, especially large at high altitudes, so on the southern slopes mountain-tundra soils are gradually reduced and replaced by alpine mountain-meadow soil. On the northern and north-eastern slopes the alpine mountain-meadow soils are replaced by automorphic mountain-tundra sod and mountain-tundra peat soils. The studied soils belong to Litozems and soil types are raw humus Litozems, peat Litozems and dark-humus Litozems. Granulometric composition of the studied soils ranged from medium to light loam. They are characterized by a decrease in silt particles down the profile and an increase in the amount of sand fractions and coarse dust with depth. A feature of these soils is a significant accumulation of organic matter, but raw humus or mor is observed. A large amount of humus is detected in BC horizon (0,5-2%). The above discussed soils are characterized by a rather high content of exchangeable forms of calcium and magnesium. Thus, the main elementary processes of soil formation are primary, sod-forming, humification and peat accumulation. We noted the absence of morphologically overt signs of processes of podzolization, gleying and frost deformations for all variants of the soil because these soils are formed under conditions of good drainage.

The article contains 1 Figure, 25 References.

Key words: soils of the South-Eastern Altai highlands; dry permafrost; raw humus; primary soil forming process; inversion; physical weathering.

References

1. Zakharov SA. O nekotorykh spornykh voprosakh gornogo pochvovedeniya [On some controversial issues of mountain soil science]. *Pochvovedenie*. 1948;6:347-356. In Russian
2. Vladychenskiy AS. Osobennosti gornogo pochvoobrazovaniya [Features of mountain soil formation]. Moscow: Nauka Publ.; 1998. 191 p. In Russian
3. Kovalev RV, Volkovintser VI, Khmelev VA, Makeev OV. Gornyy Altay [Mountain Altai]. *Putevoditel' pochvennoy ekskursii po Zapadnoy Sibiri* [Guide to a soil trip of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1967. 147 p. In Russian
4. Smolentseva EN. Raznoobrazie pochv i ekologicheskie osobennosti usloviy pochvoobrazovaniya v vysokogornyykh aridnykh kotlovinakh Yugo-Vostochnogo Altaya [Soil variety and environmental conditions of soil formation characteristics in mountainous arid basins of the South-Eastern Altai]. In: *Gornye ekosistemy Yuzhnoy Sibiri: izuchenie, okhrana i ratsional'noe ispol'zovanie. Trudy Tigireksskogo zapovednika* [Mountain ecosystems in South Siberia: studying, protection and rational use. Proceedings of the Tigiretsky reserve]. 2010;3:111-117. In Russian
5. Broll G, Keplin B. Mountain ecosystems: studies in treeline ecology. Berlin, Heidelberg: Springer; 2005. 354 p.
6. Sevast'yanov VV. Klimat vysokogornyykh rayonov Altaya i Sayan [Climate of mountainous areas of the Altai and the Sayan]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 1998. 199 p. In Russian
7. Modina TD. Klimaty respubliki Altay [Climate of the Altai Republic]. Novosibirsk: Novosibirsk State University Publ.; 1997. 186 p. In Russian
8. Arinushkina EV. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu [Manual for chemical analysis]. Moscow: Moscow State University Publ.; 1970. 482 p. In Russian
9. Vorob'eva LA. Khimicheskii analiz pochv [Chemical analysis of soils]. Moscow: Moscow State University Publ.; 1998. 425 p. In Russian
10. Seredina VP, Spirina VZ. Analiticheskie metody issledovaniya pochv [Analytical methods for the study of soils]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2007. 106 p. In Russian
11. Egorov VV. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils in the USSR]. Moscow: Kolos Publ.; 1977. 221 p. In Russian
12. Shishov LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimova MI. Classification and diagnostics of soils in Russia]. Smolensk: Oykumena Publ.; 2004. 342 p. in Russian
13. Kovalev RV, Khmelev VA, Volkovintser VI. Pochvy Gorno-Altayskoy avtonomnoy oblasti [Soils of Gorno-Altai Autonomous Region]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1973. 357 p. in Russian
14. Smirnov MP. Pochvy Zapadnogo Sayana [Soils of the Western Sayan]. Moscow: Nauka Publ.; 1970. 235 p. In Russian
15. Manojlovic M, Cabilovski R, Sitaula B. Soil Organic Carbon in Serbian Mountain Soils: Effects of land use and altitude. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2010;4:977-986.
16. Dai W, Huang Y. Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. *Catena*. 2006;1:87-94.
17. Karavaeva NA, Targul'yan VO. K izucheniyu pochv Severnoy Yakutii [On the study of soils of Northern Yakutia]. In: *O pochvakh Vostochnoy Sibiri* [Soils in Eastern Siberia]. Moscow: Academy of Sciences of the USSR; 1963:153-195 p. In Russian
18. Davydov VV, Timoshok EE. Soil Formation on Young Moraines in the Aktru Basin (Central Altay, Severo-Chuysky Ridge). *Siberian Journal of Ecology*. 2010;3:505-514. In Russian, English summary
19. Kornev TA. K mineralogii kory vyvetrivaniya pochv Kurayskogo khrebtta [On mineralogy of soil weathering crust of the Kurai ridge]. *Pochvovedenie*. 1967;11:133-135. In Russian
20. Novikov S. Altai Morphotectonics. *Geomorphology RAS*. 2003;3:10-25. In Russian

21. Gorbachev VN. Pochvy Vostochnogo Sayana [Soils of the Eastern Sayan]. Moscow: Nauka Publ.; 1973. 197 p. In Russian
22. Volkovintser VI. O pochvoobrazovanii v stepnykh kotlovinakh yuga Sibiri [On soil formation in steppe basins of the south of Siberia]. *Pochvovedenie*. 1969;8:3-11. In Russian
23. Kuminova AV. Rastitel'nyy pokrov Altaya [Vegetative cover of Altai]. Novosibirsk: Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR Publ.; 1960. 205 p. In Russian
24. Volkovintser VI. Stepnye krioaridnye pochvy [Steppe cryo arid soils]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1978. 208 p. In Russian
25. Petrov BF. Pochvy Altae-Sayanskoy oblasti [Soils of the Altai-Sayan region]. Vol. 2. Moscow: Trudy Pochv. in-ta im. VV Dokuchaeva; 1952. 245 p. In Russian

Received 14 July 2014;

Revised 07 February 2015;

Accepted 9 April 2015

Author info:

Spirina Valentina Z., Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of Soil Science and Soil Ecology, Tomsk State University, 36 Lenin Prospekt, Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: tanya_raud@mail.ru

Raudina Tatiana V., Post Graduate Student, Department of Soil Science and Soil Ecology; Junior Researcher, Laboratory of Biogeochemical and Remote Methods of Environment Monitoring, Tomsk State University, 36 Lenin Prospekt, Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: tanya_raud@mail.ru