

- ваемость азота в почве при разной обеспеченности разлагаемым органическим веществом // *Агрохимия*. 2006. № 6. С. 5-12.
15. *Deng S.P., Moore J.M., Tabatabai M.A.* Characterization of active nitrogen pools in soils under different cropping systems // *Biol. and Fertil. Soils*. 2000. V. 32. P. 302-309.
 16. *Jensen L.S., Mueller T., Magid J., Nielsen N.E.* Temporal variation of C and N mineralization, microbial biomass and extractable organic pools in soil after oilseed rape straw incorporation in the field // *Soil Biology and Biochem.* 1997. V. 29. № 7. P. 1043-1055.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН, грантов Ведущей научной школы (НШ-6620.2012.4) и Российского фонда фундаментальных исследований (12-04-00385-а).

Поступила в редакцию 15 сентября 2012 г.

УДК 631.415.11

ФЕНОМЕН КРИОГИДРОМОРФНОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРА ЗАЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

© Л.А. Фоминых

Ключевые слова: надмерзлотно-гидроморфное почвообразование; морфолитогенная основа; криоземы; криоглееземы.

Для регионов Севера Восточной Сибири, где в ландшафтах сохранилась плейстоценовая мерзлота, обсуждается роль морфолитогенной основы (рельеф-породы) и климата в формировании как наиболее специфичных и загадочных – криогидроморфных суглинистых неглеевых почв (криоземов), так и традиционных для северных равнин криогидроморфных глеевых почв (криоглееземов). Обоснованы экологические ниши и экологические ареалы этих двух контрастных морфотипов суглинистых почв на плакорных в мерзлотной области Севера.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный мир Сибири и Дальнего Востока – это крайне сложный и во многом еще недостаточно изученный феномен. Реальная картина почвенного покрова этого региона может быть понята лишь на основе исчерпывающего сравнительно-экологического подхода с максимально полным учетом всех факторов почвообразования [1].

На основе собственных материалов по регионам тайги Сибирской платформы, тундрам Колымской субарктики и обобщения литературных данных мы исследуем природу «наиболее специфичных и загадочных» почв мерзлотной области Сибири – криогидроморфных неглеевых почв – криоземов (КР), изучение которых инициировано на Севере Средней Сибири работами И.А. Соколова [2–3]. Наиболее неожиданное свойство КР, непривычное для европейского опыта, – это феномен неглеевости на фоне переувлажнения суглинистых профилей этих почв. Появился ряд гипотез по поводу причин неоглеенности этих криогидроморфных почв: Криогенная. Активные криотурбации затушевывают проявления признаков оглеения в профилях этих почв [2, 3 и др.], и все последующие публикации других авторов по северу Заенисейской Сибири). Литогенная (в противоречивых толкованиях разными авторами): 1) богатство пород основаниями препятствует разви-

Udaltsov S.N., Kuznetsova T.V., Demkin V.A. CARBON DIOXIDE EMISSION FROM MODERN AND BURIED CHESTNUT SOILS OF DRY STEPPE IN LOWER VOLGA RIVER BASIN

The rate of carbon dioxide emission from the modern and buried (I century AD) chestnut soils of the dry steppe in the Lower Volga river basin was estimated *in situ* in the summer. Differences in the rate of C-CO₂ emission under burial mound paleosoils and their modern analogues depended on the type of soil and substantially were caused by higher moisture of soils, buried under burial mound. It is shown that raised contents of the nitrate form of the nitrogen in under burial mound paleosoils (A1 horizon) can serve as the season indicator of burial mound buildings.

Key words: dioxide carbon; under burial mound paleosoils; nitrate form of nitrogen.

тию глеевых процессов в профиле этих почв – «литокриоземы» [4]; 2) низкое содержание в почвообразующих толщах валового железа приводит к специфической форме плакорного глеегенеза: происходит высвобождение железа из кристаллических решеток глинистых минералов, что не сопровождается формированием ярких морфологических признаков оглеения в профилях этих почв [5]. Авторы вышеназванных концепций считают оглеение актуальным процессом современного плакорного почвообразования на равнинах и низменностях в гумидной климатической обстановке мерзлотной области Севера. Поэтому и не предполагалась возможность существования «в чистом виде» неглеевого криогидроморфного почвообразования, например, в условиях тундры на Колымской низменности.

Криолитогенная концепция, предлагаемая нами на основе многолетних исследований почв Севера, базируется на представлении об одновременном (совместном) процессе формирования рельефа, слагающих его отложений и формирующихся здесь почв [6].

История вопроса. Появление материалов по неизвестным ранее почвам, формирующимся в условиях, которые до сих пор были изучены крайне слабо, обусловило необходимость дальнейшего совершенствования терминологического аппарата [7].

Начиная с работ первых исследователей Севера, изучение зонального плакорного почвообразования

происходило на примере профилей задернованных нано- (микро-) повышений, что для немерзлых регионов отвечало традиционному представлению о зональной автоморфной почве. Однако в северной криолитозоне широко распространено надмерзлотное переувлажнение плакорных суглинистых почв в условиях повсеместно выраженного криогенного микро- нанорельефа. При этом, естественно, почвы разного ранга депрессий еще более переувлажнены, оторфованы и занимают здесь огромные площади. Возникла необходимость терминологического разделения спектра криогидроморфных почв с обоснованием их различий по источникам увлажнения. В этих условиях автоморфными являются только почвы свободного внутреннего дренажа, формирующиеся на песках или маломощных элювиях коренных пород. Потребовались новые подходы к определению понятия «зональная почва» (т. е. почва, в профиле которой максимально реализуется зональный потенциал плакорного почвообразования). С позиций геохимического соподчинения почв И.А. Соколов рекомендует использовать термины «автономные почвы» и «подчиненные» почвы. Термин «автономные» (заимствованный для почв у А.И. Перельмана (1961 г.), который выделяет «автономные геохимические ландшафты») предложен Соколовым для почв регионов с холодным гумидным климатом, развитых исключительно на атмосферном увлажнении, не испытывающих дополнительного притока влаги и веществ. При этом как автономные, так и подчиненные (гетерономные) почвы могут по степени увлажнения являться гидроморфными, мезоморфными, ксероморфными. Таким образом, почвы зонального типа могут быть как мезоморфными (в прежней терминологии – автоморфными), так и ксероморфными, и гидроморфными, однако они должны быть обязательно автономными. Термин «автоморфные» для почв северных мерзлотных регионов не рекомендуется употреблять.

Криоземы (КР) – криогидроморфные неглеевые почвы на Среднесибирском плоскогорье впервые выделены и детально исследованы в ландшафтах северной тайги и тундролесий [2, 3]. Непривычное для европейского опыта сочетание признаков – феномен неглеевости почв на фоне их переувлажненности как «наиболее неожиданное свойство криоземов» – И.А. Соколов связал с криотурбациями, обеспечивающими активный кислородный обмен в профиле. К признакам криотурбационных процессов он относит: «1) ярко выраженную криогенную нанокомплексность почвенного покрова, 2) перемешанность материала минеральных горизонтов и т. д.». Однако в приводимых многочисленных морфологических описаниях почв на макро-, мезо-, микроуровне [2] нет сведений о деформациях горизонтов почвенного профиля, неизбежном морфологическом следствии процессов криотурбаций.

Анализ обширного фактического материала по морфологии криоземов свидетельствует о том, что в основании их профилей встречаются обломки пород разного петрографического состава (песчаники, карбонатные породы, траппы), а профили всех этих почв не оглеены. А существует ли в природе причинная связь формирования нанопolygonального рисунка дневной поверхности с процессами мерзлотных педотурбаций? Ответ на этот вопрос мы ищем в работах геокриологов. В.В. Куницкий [9], исследуя причины формирования мелких трещинных полигонов, применил известную

формулу Б.Н. Достовалова (1952), устанавливающую зависимость размеров трещинных полигонов от температурных градиентов в слое годовых теплооборотов для случая, когда нижняя часть сезонноталого слоя (СТС) еще не промерзла. Он показал, что перепады температур в конце осени в верхней, уже мерзлой части СТС достаточны, чтобы образовались самые мелкие полигоны. Таким образом, у мерзлотоведов отпадает необходимость в предположении о широком развитии трещин усыхания на задернованных склонах и водоразделах [10]. А почвоведы могут констатировать отсутствие необходимости связывать формирование криогенного нанорельефа с процессами педотурбаций.

Существование специфических почв связано со специфическими условиями их формирования [7]. Исследователи природы севера Заенисейской Сибири (геологи, перигляциальные морфологи, и др.) обнаружили большое разнообразие криолитогенных поверхностных образований перигляциальной формации, слагающих разные формы рельефа. Условия и механизмы образования суглинисто-каменистых плащей на поверхности высоких денудационных равнин и плато Средне-Сибирского плоскогорья были описаны в ряде работ [11–14]. Эти отложения сформированы процессами мерзлотного крипа (и крипосолифлюкции), господствовавшими в перигляциальных условиях позднего плейстоцена. Такие процессы интенсивно протекают даже в условиях, где уклоны поверхности бывают несколько менее 1°. Ареалы современного развития этих процессов – острова высокоширотной Арктики [15, 16]. Описываемые суглинисто-каменистые толщи плакоров с ярко выраженной криогомогенизацией материала и возрастанием роли каменных включений с глубиной, не дифференцированы по гранулометрическому составу. Профили почв обогащены равномерно рассеянными мелкими растительными остатками, находящимися в разной степени разложения и углефицированными.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КРИОГИДРОМОРФНОМ ПОЧВООБРАЗОВАНИИ: ГЕНЕЗИС, ГЕОГРАФИЯ, ЭКОЛОГИЯ КР

Криоземы (КР), этот «наиболее загадочный и специфичный» компонент почвенного покрова севера экстроконтинентальной области Заенисейской Сибири [2–3], распространены на территориях где сохранилась в ландшафтах плейстоценовая мерзлота. Их надмерзлотный гидроморфизм не связан с дополнительным притоком влаги. КР вообще не встречаются в материковой части западного (гумидного) сектора Арктики. География их ареалов в Восточной Сибири достаточно широка. Это ландшафты арктических и материковых тундр, притундрово-северотажные лесные регионы Средней Сибири, горные тундролесья и тундры Северо-Востока Якутии и Западной Чукотки, горные таежные ландшафты Забайкалья, где они и были впервые описаны [8], и Северной Монголии.

Особенности условий формирования КР следующие. Климат регионов развития КР экстроконтинентальный холодный гумидный или семигумидный. Он характеризуется превышением атмосферных осадков над испарением в теплое время года. Важной особенностью КР является наличие льдистой мерзлоты в основании их профилей. Почвообразующие породы – покровные суглинистые плащи самого разного генезиса и состава: элюво-делювий («теневых» экспозиций) в

горах, отложения мерзлотного крипа и крип-солифлюкций высоких денудационных равнин (плоскогорий Средней Сибири), алевроиты и суглинки в ареале отложений ледового комплекса (ЛК) на едомных плакорах Приморских низменностей. Экологические ниши КР – плакорные поверхности, не проходившие ранее фазу масштабного по площади застойного переувлажнения. В их пределах КР занимают автономные позиции. Источник проточного пульсирующего переувлажнения профилей автономных почв суглинистых плакоров в криолитозоне – это надмерзлотные воды сезонно-талого слоя, формирующиеся преимущественно за счет атмосферных осадков [17, 18]. В отличие от вод, застаивающихся в понижениях рельефа, они богаты кислородом и не могут стимулировать процессы оглеения почв.

Как следствие криолитогеоза и слабой биогенной проработки современными процессами «профиль криоземов отражает в основном сам факт существования длительного холодного периода, но почти не отражает ни его особенностей, ни (что еще интереснее!) особенностей теплого периода» [2]. В формировании морфотипа КР главную роль играет льдистая мерзлота в условиях длительного существования криолитозоны, а не усредненный вещественный состав маломощных покровных почвообразующих толщ, подстилаемых коренными породами самого разного петрографического состава, в условиях частой пространственной смены плотных пород даже в пределах одного водораздела. Вне зависимости от (исходного) содержания в породах (много-мало) железа, а также степени насыщенности основаниями, профили этих почв не оглеены. В свете вышеизложенного «литокриоземы» междуречья Подкаменной и Нижней Тунгусок [4] – это частный случай формирования криогидроморфных неглеевых почв в районе преимущественного распространения пород трапповой формации.

Универсальное (наиболее общее) свойство всех КР – это наличие горизонта подстилающей льдистой мерзлоты, аккумулятора влаги и геохимического барьера как основы существования криогидроморфного профиля этих неглеевых почв. В соответствии с фундаментальными представлениями К.С. Воскресенского [19] о мерзлых породах Севера как особом типе коренных пород здесь лед выступает в качестве самостоятельного порообразующего минерала, неперенного и неотъемлемого базового компонента вмещающих почву суглинистых (и суглинисто-каменистых) субстратов.

С понижением кровли многолетнемерзлых пород в голоцене в условиях денудационных равнин и плато Средней Сибири с близким подстиланием коренных пород, КР надмерзлотно-гидроморфных местообитаний трансформировались в мезоморфные неглеевые буроземы грубогумусовые, характерные для современных ландшафтов темнохвойной тайги Приенисейской полосы Средне-Сибирского плоскогорья [20]. В этих условиях морфолитогенная основа почв (рельеф-породы) не разрушается с уходом горизонта подстилающей мерзлоты, т. к. реализуется возможность беспрепятственного оттока высвобождающейся от таяния льда влаги по криогенным трещинам-дренам вглубь скального грунта. На водоразделах Приморских низменностей, сложенных высокольдистыми отложениями ледового комплекса, в пределах которых сформировался покровный слой, местные просадочные явления или локальное развитие термокарстовых процессов перио-

дически необратимо нарушали почвенный покров этих местообитаний, и на вновь сформированных поверхностях обнаруживаются профили глеевых почв.

Криоглеезема (КГЗ), антипод КР, встречающиеся в этих же регионах, – реликтовые палеогидроморфные почвы (дневные палеопочвы), являющиеся «космополитами» Арктики. В регионе Колымской субарктики на Приморской низменности, вне ареалов едом обширные обводненные и заболоченные пространства междуречий и долины – это «царства» глеевых почв. В этих условиях в краевых частях водоразделов по приречьям часто встречаются террасовидные уступы – термотеррасы – вторичные плакоры, представляющие собой останцы разновозрастных и разноуровневых аласов, как результат избирательного термокарста [21–22], а озерно-аласные равнины доминируют в пространстве междуречий. Эти местообитания заняты семейством глееземов, представляющими хронокатену отундровенно-профильно-глеевых почв: от однородных низинных болот через полигонально-валиковые тундроболота и осоково-пушицевые кочкарники междуречий к плакорным глееземам старых аласов, с последующим «стиранием» признаков их оглеения (разглееванием) в процессе биогеоморфологической эволюции этих местообитаний. На основе исследования топогеографии глееземов нами предложена новая фактологическая и концептуальная основа формирования спектра профильно-глеевых почв [23], в рамках теории палеогидроморфизма почв древне-аллювиальных равнин [24–25 и др.] применительно к регионам Севера.

ВЫВОДЫ

Обоснование морфолитогенной природы ареалов плакорных профильно-глеевых почв среди разнообразия почв регионов снимает необходимость дальнейшего поиска причин неглеевости профилей других морфотипов почв, в первую очередь – криогидроморфных неглеевых почв. Таким образом, на современном этапе исследования почв мерзлотного Севера происходит смена парадигмы «криогенез – почвообразование» [26] на новую схему «криолитогеоз – почвообразование», обосновывающую и объясняющую реальное разнообразие почв в ландшафтах мерзлотной области Севера.

Итак, универсальное свойство рассматриваемых нами контрастных по свойствам криогидроморфных почв – это наличие горизонта льдистой мерзлоты в основании их профилей. Криоземы – это климатогенный феномен автономного неглеевого почвообразования криогумидных районов экстроконтинентальной области Заенисейской Сибири в условиях непрерывного существования плейстоценовых многолетнемерзлых пород. Криоглеезема – это «вторично»-мерзлотные (т. к. они сформировались ранее в условиях талика как сезонно-мерзлые) реликтовые палеогидроморфные почвы разновозрастных аккумулятивных поверхностей, занимающие ныне автономные позиции в рельефе современных плакоров. По аналогии с антропогенным «вторичным» засолением почв южных регионов (в условиях переполива и подъема грунтовых вод) термин «вторичная» мерзлота предложен В.А. Ковдой [27] и связан в нашем случае с аградацией многолетнемерзлых пород в бывшем талике термокарстовой котловины – древней чаши протаивания в процессе биогеоморфологической эволюции этой формы рельефа.

Таким образом, в криолитозоне не только криогенные процессы, но и сами многолетнемерзлые породы играют ведущую роль в формировании ландшафтного облика территории [28], предопределяя, в т. ч., существование «наиболее специфических» почв мерзлотной области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов И.А. Некоторые теоретические итоги и проблемы изучения почв Восточной Сибири // Почвоведение. 1991. № 5. С. 131-145.
2. Соколов И.А. Гидроморфное неглеевое почвообразование // Почвоведение. 1980. № 1. С. 21-32.
3. Соколов И.А. О разнообразии форм гидроморфного неглеевого почвообразования // Почвоведение. 1980. № 2. С. 5-18.
4. Белоусова Н.И. О надмерзлотно-гидроморфных неглеевых почвах: анализ публикаций и современное состояние вопроса // Вестн. ТГУ. Приложение. 2005. № 15. С. 224-225.
5. Водяницкий Ю.Н., Мерзлов Н.С., Горячкин С.В. Диагностика оглеения в условиях низкого содержания железа (на примере почв тундры Колымской низменности) // Почвоведение. 2008. Вып. 3. С. 261-279.
6. Ильин Р.С. Основная закономерность расположения поверхностных пород и почв по рельефу (возрасту) в скульптурных равнинах // Почвоведение. 1936. № 4. С. 588-601.
7. Соколов И.А. Об основных закономерностях экологии почв // Почвоведение. 1990. № 7. С. 117-128.
8. Соколова Т.А., Соколов И.А. О горно-таежных почвах Восточного Забайкалья // О почвах Восточной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
9. Куницкий В.В. Причины образования мелких трещинных полигонов // Геокриологические и гидрогеологические исследования Сибири. Якутск, 1972.
10. Катасонов Е.М. Современные криогенные образования, их связь с генезисом вмещающих отложений // Региональные и тематические геокриологические исследования. Новосибирск: Наука СО АН СССР, 1975. С. 113-115.
11. Гориков С.П. О роли криогенных процессов в формировании отложений севера Енисейского кряжа // Материалы 7 Всесоюз. совещания по геокриологии (мерзлотоведению) Якутск, 1966. Вып. 7. Общая теоретическая, историческая и региональная геокриология. С. 121-125.
12. Гориков С.П. О генезисе и возрасте склоновых глыбово-щебнисто-суглинистых отложений севера Енисейского кряжа и севера-запада Восточного Саяна // ДАН СССР. 1967. Т. 172. № 3.
13. Гориков С.П. Условия образования и особенности строения перигляциальной формации консолидированных областей сноса умеренного пояса Евразии // Проблемы изучения четвертичного периода. Хабаровск, 1968. С. 12-13.
14. Воробьев И.В., Гориков С.П. Перигляциальные образования севера Енисейского кряжа и запада Сибирской платформы // Вестн. МГУ. Серия 4. Геология. 1975. № 5. С. 51-59.
15. Чигир В.Г. Мерзлотно-геологические процессы в полярной пустыне как следствие сезонного льдообразования в деятельном слое // Вестн. Моск. ун-та. Сер. V. География. 1965. № 2. С. 67-71.
16. Чигир В.Г. Криогенное склонообразование // Проблемы криолитологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. Вып. VII. С. 162-211.
17. Григорьев Н.Ф. Многолетнемерзлые породы Приморской зоны Якутии. М.: Наука, 1966. 181 с.
18. Михалев Д.В. Изотопно-кислородный состав текстуробразующих льдов (на примере Колымской низменности и Енисейского Севера): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1990. 26 с.
19. Воскресенский К.С. Современные рельефообразующие процессы на равнинах Севера России. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 263 с.
20. Фоминых Л.А. Автономные почвы таежных ландшафтов Западной Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 1974.
21. Воскресенский К.С., Плахт И.Р. Возраст аласных котловин прибрежных равнин Севера и геоморфологический метод его определения // Проблемы криолитологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. Вып. X. С. 150-157.
22. Плахт И.Р. Условия развития термокарста и этапы формирования аласного рельефа равнин Северо-Востока в позднем плейстоцене и голоцене // Условия развития криолитозоны Евразии в верхнем кайнозое. М.: Наука, 1986. С. 112-120.
23. Фоминых Л.А., Золотарева Б.Н. Экологические особенности глееземов Российской Арктики // Почвоведение. 2004. № 2. С. 147-157.
24. Ковда В.А. Общность и различия в истории почвенного покрова континентов. К составлению Почвенной карты Мира // Почвоведение. 1965. № 1. С. 3-17.
25. Ковда В.А. Основы учения о почвах: 2 т. М.: Наука, 1973.
26. Макеев О.В. Почва, мерзлота, криопедология // Почвоведение. 1999. № 8. С. 947-957.
27. Ковда В.А., Чигир В.Г., Фоминых Л.А. Проблемы рационального освоения и охраны почвенного покрова северных территорий // Прогноз изменения криогенных почв под влиянием хозяйственного освоения территорий: тез. докл. Всесоюз. конф. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1980. С. 5-8.
28. Кошинец В.Н. Эволюция криолитозоны западного сектора Арктики России в плейстоцене // Итоги фундаментальных исследований криосферы Земли в Арктике и Субарктике. Новосибирск: Наука, 1997. С. 24-30.

Поступила в редакцию 15 сентября 2012 г.

Fominykh L.A. PHENOMENON OF CRYOHYDROMORPHIC SOIL FORMATION IN NORTH LANDSCAPES OF EAST SIBERIA

In the regions of Eastern Siberia with permafrost of Pleistocene age in landscapes, the most specific and mysterious cryohydromorphic non-gley soils (cryozems) as common component of soil cover are gleysols and nongley soils (cryozems) are considered. The main properties of these soils and their position in the relief are described. The reasons for co-existences of these soil groups in the region studied are discussed. Their ecological niches and areas are determined. Role of morpholythogenic base (relief – parent materials) in development of these soils is discussed.

Key words: over-permafrost cryohydromorphic soil development; morpholythogenic base; cryozems; cryogleyzems.