

Необратимые трансформации морфогенетических показателей окультуренных палевых почв криолитозоны под влиянием начальных стадий аласообразования

Н.В. Филиппов, Р.В. Десяткин*

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия

*rvdes@ibpc.ysn.ru

Аннотация. Изучены почвы выведенных около трех десятилетий назад из сельскохозяйственного оборота пахотных угодий в пределах Центрально-Якутской равнины на участках, расположенных на ледовом комплексе. В условиях глобальных изменений климата на заброшенных пашнях происходит деградация ледового комплекса. Таяние подстилающих обширные площади пахотных угодий льдов вызывает формирование на поверхности заброшенных пашен молодых термокарстовых форм рельефа – былларов. Быллары представляют сочетание останцов в виде бугров (диаметром до 5–6 м) с просадками между ними и полигональной сетью ложбин над жилами льда (глубиной 0,3–1,5 м), образовавшиеся в результате оттаивания верхней части ледового комплекса. Формирование термокарстового микрорельефа приводит к трансформации ранее однородного почвенного покрова заброшенных пашен в сложное сочетание полигонального характера. Они содержат в своем составе пятна окультуренных мерзлотных палевых солонцеватых почв по вершинам бугров и мерзлотных солонцов светлых глееватых по днищам западин, соседствующих с мерзлотными солонцами светлыми типичными, развивающимися по склонам микрорельефа. Выявлено влияние трансформации почвенного покрова при начальных стадиях термокарстовой динамики рельефа на плотность сложения, pH и полевую влажность по профилю изученных почв.

Ключевые слова: Центральная Якутия, пахотные земли, палевые почвы, термокарст, трансформация почв.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ИБПК СО РАН по проекту V.54.1.2. «Выявление обратимых и необратимых изменений почв и почвенного покрова мерзлотной области, характера естественных и антропогенных экологических процессов и разработка фундаментальных основ охраны почв и почвенного покрова криолитозоны в условиях возрастающего антропогенного пресса и глобальных изменений» (0376-2018-0003; рег. номер AAAA-A17-117020110057-7).

<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-1-82-91>

Irreversible transformations of the morphogenetic parameters cultivated pale soils of the cryolithozone under the influence of the initial stages of alas formation

N.V. Filippov, R.V. Desyatkin*

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia

*rvdes@ibpc.ysn.ru

Abstract. It was studied the soils of abandoned 30 years ago arable land within the Central Yakutia Plain. The area is located on the grounds with ice complex. During the global climate change the ice complex degradation occurs on the abandoned arable lands. The melting of the underground ice on the arable lands over the vast areas causes the formation of young thermokarst landforms on the surface of abandoned arable lands - byllars. Byllars represent a combination of remnants in the form of mounds (up to 5–6 m in diameter) with subsidence between them and a polygonal network of hollows over the ices (0.3–1.5 m deep), formed as a result of thawing the upper part of the ice complex. The formation of a thermokarst microrelief leads to the transformation of a previously homogeneous soil cover of abandoned arable lands into a complex of polygonal character.

Key words: Central Yakutia, arable land, pale soils, thermokarst, soil transformation.

Acknowledgements. This work is the part of the state assignment of the IBPK SB RAS for the project V.54.1.2.

"Identification of reversible and irreversible changes in the soil and soil cover of the permafrost region, nature of natural and anthropogenic ecological processes and the development of the fundamental principles of soil protection and cryolithozone soil cover in the context of increasing anthropogenic press and global changes" (0376-2018-0003; reg. AAAA number- A17-117020110057-7).

Введение

В условиях глобальных изменений климата происходит сильная трансформация почвенного покрова. Вся территория Республики Саха (Якутия) полностью входит в зону распространения многолетнемерзлых пород. Особенно заметные процессы трансформации почвенного покрова происходят в наиболее освоенных сельским хозяйством территории республики – на Лено-Амгинском междуречье. Здесь в результате распада крупных сельскохозяйственных предприятий в начале 1990-х годов тысячи гектаров пахотных угодий на раскорчевках тайги, расположенных на ледовом комплексе, оказались заброшенными. Под влиянием изменений климата на этих пашнях в настоящее время наблюдается деградация льдов ледового комплекса с образованием начальных форм аласообразования – былларов, а местами и молодых термокарстовых озер – дюеда. Проявление термокарстового процесса на пашнях приводит к трансформации почвенного покрова выведенных из хозяйственного оборота крупных площадей.

Целью данного исследования является изучение динамики морфологической характеристики почв, подверженных влиянию начальных стадий аласообразования.

Материалы и методы

Район исследования, расположенный в центральной части Лено-Амгинского междуречья в окрестностях с. Чурапча, по геоморфологическому районированию соответствует уровню Аба-лахской средневысотной аккумулятивно-эрозионной террасы [1]. Терраса сложена четвертичными отложениями: верхняя часть суглинисто-супесчаными озерно-аллювиальными, включающими повторно-жильные льды (мощностью 50–60 м), нижняя – песчаным аллювием [2]. Частичная деградация льдов на данной территории в голоцене привела к образованию термокарстового аласного рельефа (рис. 1). В почвенном отношении территория исследования расположена в пределах Лено-Таттинского района Центрально-Якутской таежно-аласной почвенной провинции [3]. Здесь распространены мерзлотные лесные солоды, палевые карбонатные, палевые осолоделые суглинистые почвы [4], а в термокарстовых котловинах – комплекс аласных почв [5, 6]. Почвы аласов часто засолены [7], при освоении под пахотные угодья лесные почвы проявляют такие негативные

свойства, как осолонцевание и засоление [8, 9].

Типичным типом таежной растительности региона являются разные вариации лиственничных лесов (*Larix sibirica* L.), нередко выделяются березняки с остепненными элементами [10]. Климат Лено-Амгинского междуречья резко континентальный, характеризуется низкими зимними и высокими летними температурами, высокой амплитудой между ними, а также небольшим количеством осадков [11].

В Центральной Якутии за последние 30 лет наблюдается один из наиболее высоких в России трендов повышения средней годовой температуры воздуха (до 0,08°C /год). Если в 60–70-е годы прошлого века потепление климата еще не было таким заметным, то в 80-е годы оно проявилось уже достаточно отчетливо [12]. Последнее же десятилетие XX века стало самым теплым (–8,7 °C) за всю историю метеорологических наблюдений в Центральной Якутии [13].

В связи с повышением температуры воздуха в Центральной Якутии повсеместно происходит увеличение глубины сезонного протаивания почв [14]. При достижении глубины сезонного протаивания почв верхней границы повторно-жильных льдов ледового комплекса начинается их таяние, что обуславливает появление начальных форм термокарстового аласообразования в виде былларов, иногда и молодых термокарстовых озер – дюеда. Появление бугристо-западинного микрорельефа на ровной поверхности заброшенных пахотных угодий приводит не только к деграда-



Рис. 1. Начальная стадия термокарстовой деградации почвенного покрова заброшенных пашен в районе с. Чурапча. Фото К.Абросимова

Fig. 1. The initial stage of thermokarst degradation of soil cover on abandoned arable lands in Churapcha region. Photo by K.Abrosimov

ции сельскохозяйственных пахотных угодий, но и вызывает трансформацию однородного почвенного покрова окультуренных обширных участков пашен, созданных в 50–60-е годы на раскорчевках бореальных лесов.

Натурные исследования по изучению влияния образования начальных термокарстовых форм рельефа на морфогенетические показатели почв проведены в июле 2012 г. на заброшенной в начале 1990-х годов пашне в 1,5 км юго-восточнее с. Чурапча. Вся поверхность обследованной территории покрыта термокарстовым бугристо-западинным микрорельефом – былларами (рис. 2). Быллары представляют собой небольшие бугры (диаметром до 5–6 м) с просадками и полигональной сетью ложбин над жилами льда (глубиной 0,3–1,5 м), образовавшиеся в результате оттаивания верхней части ледового комплекса [15].

Разрезы заложены на вершине, склоне быллара и в днище западины между ними. Разрез на вер-

шине быллара представляет собой изначальный, слабо тронутый термокарстовой деградацией островок окультуренного почвенного покрова, в то время как разрезы, заложенные на склоне и на днище западины, представляют собой уже трансформированные варианты изначальных почв бывших пахотных угодий. При сравнении морфологических свойств изученных разрезов можно выявить какие трансформационные процессы происходят в почвенном покрове при проявлении начальных стадий аласообразования. Диаметр былларов на изученном участке составляет ~ 7–10 м при высоте 0,4–1,6 м. На вершинах былларов имеются трещины, возможно, морозобойные.

Приведем описания морфологических профилей изученных почв былларов, развитых на заброшенных пашнях.

Основными методами при изучении почвенного покрова были сравнительно-географический и сравнительно-аналитический. В полевых

Разрез Р-01-12

17.07.2012. Заложен на вершине быллара в 1,5 км юго-восточнее с. Чурапча на заброшенной пашне. Координаты: N 61°59.136'; E 132°29.807'. Поверхность быллара покрыта морозобойными заплывшими трещинами шириной до 10 см.

Почвообразующие породы – лессовидные суглинки.

Растительный покров: степное разнотравье (полынь, мышиный горошек, одуванчик и т.д.).

Глубина протаивания – 161 см.

О	0 – 0,5(2) см	Скопление слаборазложившегося, сухого травянистого войлока
AJ/(P)	0,5(2) – 9(17) см	Неоднородный по окраске: серый с темно-бурыми примазками и местами с белесыми пятнами, влажноватый, очень плотный, глыбисто-комковатый, среднесуглинистый. Переплетен корнями растений, слабо вскипает от HCl, комковатость увеличивается вблизи крупных корней. Переход заметный, граница волнистая
B SN / (PU)	9(17) – 14(27) см	Неоднородный по окраске: на буровато-сером фоне выделяются органические примазки и языки по трещинам с верхнего горизонта, влажноватый, уплотненный, комковато-зернистый, тяжелосуглинистый. Корней значительно меньше, бурно вскипает от HCl. Переход постепенный, граница неровная
BCA	14(27) – 70(74) см	Палевый с темно-серыми пятнами, влажный, уплотненный, зернисто-комковатый среднесуглинистый. Корней мало, бурно вскипает от HCl. Переход постепенный по окраске и заметный по гранулометрическому составу, граница волнистая
BCsa	70(74) – 113 (117) см	Светло-буровато серый, плотный, ореховато-глыбистый, свежий суглинистый. Встречаются единичные диаметром до 1–2 мм примазки органики, вскипание от HCl среднее, корней мало. Переход постепенный, граница слабоволнистая
Csa	113(117) – 161 см	Буровато-серый, среднеуплотненный, глыбистый, влажный, среднесуглинистый. Корни почти отсутствуют, слабо вскипает от HCl. Залегает на слабобльдистой мерзлоте

Почва: мерзлотная окультуренная палевая солонцеватая.

НЕОБРАТИМЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Разрез Р-02-12

17.07.2012. Заложен на склоне быллара юго-западной экспозиции в 4 м от Р-01-12. Координаты: N 61°59.136'; E 132°29.807'. Почвообразующие породы – лессовидные суглинки. Растительный покров: луговое разнотравье, вдвое увеличивается количество лапчатки гусиной, мятлик, пырей. Глубина протаивания – 171 см.

Ad	0 – 2(3) см	Буроватый, плотный, свежий, комковатый суглинистый. Густо переплетен корнями, бусы по корням. Не вскипает от соляной кислоты. Переход заметный, граница слабоволнистая
AJ(P)	2(3) – 9(20) см	Неоднородный по окраске: белесо-светло-серый с буроватым оттенком, в нижней части с палевыми пятнами, сухой, глыбисто-ореховатый, очень плотный, среднесуглинистый. В середине трещина с затеком органики шириной 2–3 см бурого цвета, не вскипает от соляной кислоты, корней не много. Переход ясный, граница языковатая
PU	9(20) – 20(28) см	Неоднородный по окраске и сложению: белесый с темно-бурым пятном (15%), местами фрагментарный, сухой, но холодный на руку, глыбисто-мелкоореховатый, суглинистый. Не вскипает от соляной кислоты, корней мало. Переход резкий, граница языковатая
BSN	20(28) – 34 (40) см	Буровато-темно-серый с частыми темными и светлыми пятнами, плотный, влажноватый, комковато-пылеватый, среднесуглинистый. Вскипает от HCl, корней мало. Переход ясный, граница затечная, неровная, волнистая
BCA	34 (40) – 47(56) см	Светло-серый с палевым оттенком, свежий, уплотненный, пороховидный среднесуглинистый. Встречаются единичные черные примазки органики, очень бурно вскипает от HCl, корней очень мало. Переход постепенный, граница неровная
BCsa	47(56) – 110(115) см	Серый с буроватым оттенком, уплотненный, влажный, комковато-пороховидный, тяжелосуглинистый. Липкий, вскипает слабее вышележащего горизонта, корней почти нет. Переход постепенный, граница слабоволнистая
Csa	110(115) – 171 см	Темно-серый, влажный, среднеуплотненный, глыбистый, среднесуглинистый. Слабо вскипает от HCl, корни отсутствуют. Залегает на слабодистой мерзлоте

Почва: мерзлотный солонец светлый типичный.

Разрез Р-03-12

17.07.2012. Заложен на днище западины между былларами в 3 м от Р-02-12. Координаты: N 61°59.136'; E 132°29.807'. Почвообразующие породы – лессовидные суглинки. Растительный покров: мезофитное разнотравье, значительное преобладание лапчатки гусиной (~70 %). Глубина протаивания – 156 см.

Ad	0 – 2 см	Бурый, слегка уплотненный, свежий, слой травянистого войлока с малой примесью суглинка. Плотно переплетен корнями растений, переход резкий, граница ровная
A(P)	2 – 8(18) см	Светло-серый с явным белесым оттенком по трещинам со слабо заметными темно-бурыми пятнами и примазками органики (15%), сухой, мелкоореховато-пылеватый, среднесуглинистый. Присутствуют мелкие корни, от HCl не вскипает. Переход резкий, граница языковатая
(PU)	8(18) – 23(30) см	Светло-серый с белесым оттенком, содержит много темно-серых органических пятен и примазок, очень плотный до слитой, свежий, глыбисто-ореховатый, суглинистый. На поверхности структурных отдельностей имеется присыпка зерен кварца, продолжения корней, от HCl не вскипает. Переход заметный, граница языковатая
BSN	23(30) – 52(60) см	Серый с буроватыми и темно-серыми пятнами органики по трещинам шириной до 2 см, уплотненный, влажноватый, глыбисто-зернистый среднесуглинистый. Корней очень мало, от HCl не вскипает. Переход заметный, граница языковатая
BCA	52(60) – 78(81) см	Светло-серый с палевым оттенком, влажный, листовато-пороховидный, уплотненный, тяжелосуглинистый. Корни единичны, от HCl вскипает очень бурно. Переход постепенный, граница волнистая
BCsa,g	78(81) – 110(113) см	Серый с сизоватым оттенком, влажный, глыбисто-зернистый, уплотненный, тяжелосуглинистый. Корни единичные, от HCl вскипает слабее вышележащего горизонта. Переход постепенный, граница волнистая
Csa,g	110(113) – 156 см	Темно-серый с сизоватым оттенком, влажный, среднеуплотненный, глыбистый, среднесуглинистый. Корни отсутствуют, слабо вскипает от HCl. Залегает на слабодистой мерзлоте

Почва: мерзлотный солонец светлый глееватый.

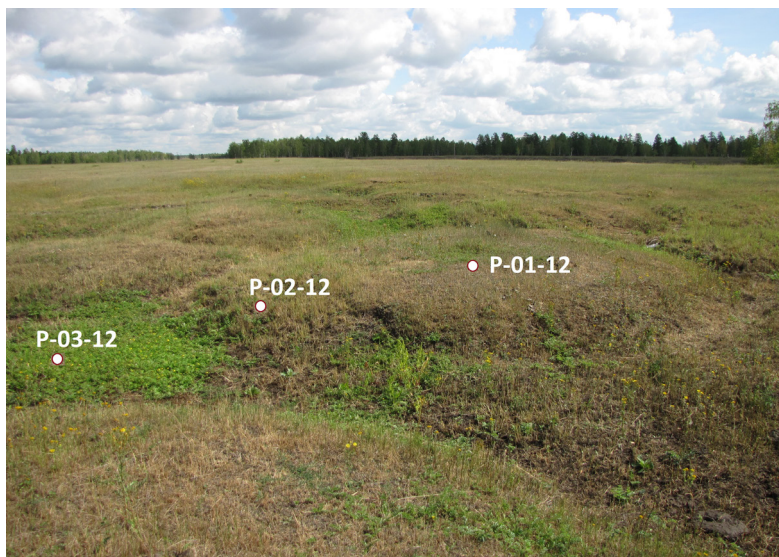


Рис.2. Общий вид подверженной термокарстовой деградации пашни и места заложения разрезов

Fig. 2. General view of arable land thermokarst degradation and location of soil profiles

условиях проводились морфологические описания профиля почвенных разрезов и измерение глубины протаивания сезонноталого слоя (СТС) по общепринятым в почвоведении методам. Для определения плотности, pH, полевой влажности почв проводился отбор образцов режущим кольцом объемом 100 см³ в каждом горизонте в трехкратной повторности. При определении гранулометрического состава применен седиментационный метод пипетки по Н.А. Качинскому.

Обсуждение результатов

Трансформация морфологического строения почв. На исследованной территории в середине 1950-х годов за счет раскорчевки лиственнично-березового леса (чараны) были созданы пахотные угодья. В естественном состоянии на таких участках еще А.А. Красюк [16] под березовыми колками выделял солоды, под лиственничными лесами – солонцеватые оподзоленные (по В.Г. Зольникову [17] и Л.Г. Еловской [18] – лесные дерновые или мерзлотные палевые) почвы. Исходя из этих определений классиков якутского почвоведения, нами признается доминирование на деградирующих пахотных угодьях вблизи с. Чурапча мерзлотных палевых солонцеватых почв, типичный морфологический профиль которых в период полувековой обработки с поверхности приобрел пахотный и нижележащий подпахотные горизонты. Почвы бугров былларов представляют собой останцы этих, ранее обрабатываемых почв. За время прекращения обработки более 2 десятилетий на поверхности почвы накопился слаборазложившийся войлок из остатков травянистых растений.

Как наследие хозяйственного освоения в строении разреза Р-01-12 с поверхности выделяется типичный для мерзлотных окультуренных палевых солонцеватых почв бывший пахотный, ныне светлогумусовый горизонт (AJ/(P)) серого цвета с буроватыми примазками мощностью 6–7 см (рис. 3). Ниже бывшего пахотного слоя залегает подпахотный, сильно уплотненный, ныне солонцовый горизонт BSN/(PU). В результате процессов криогенеза подпахотный и солонцовый горизонты перемешаны и представляют собой горизонт BSN/(PU). Причем слой плужной подошвы на общем фоне почвенного профиля выделяется наиболее темной окраской. На нем также наиболее ярко выражены криогенные трещины, по ходам которых проявились наплывы гумусированной массы в виде языков и карманов. Аккумулятивно-карбонатный горизонт (BCA) в почвенном профиле разреза 01-12 представлен сильно вскипающими от соляной кислоты лессовидными суглинками палевого цвета мощностью 47–56 см, переходный горизонт (BCsa) окультуренной солонцеватой палевой почвы – плотным, ореховато-глыбистым, свежим карбонатным суглинком мощностью до 43 см. Материнская порода (горизонт Csa) представляет собой серый, среднеуплотненный, глыбистый, влажный, карбонатный средний суглинок. Мощность сезонного протаивания на дату изучения составляла 161 см, ниже которого залегают нельдистые мерзлые породы.

В профиле разрезов, заложенных на склоне и западине между былларами, выделяется поверхностный задернованный горизонт (Ad) бурого цвета мощностью до 2–3 см, состоящий из плотно переплетенного корнями органического ма-

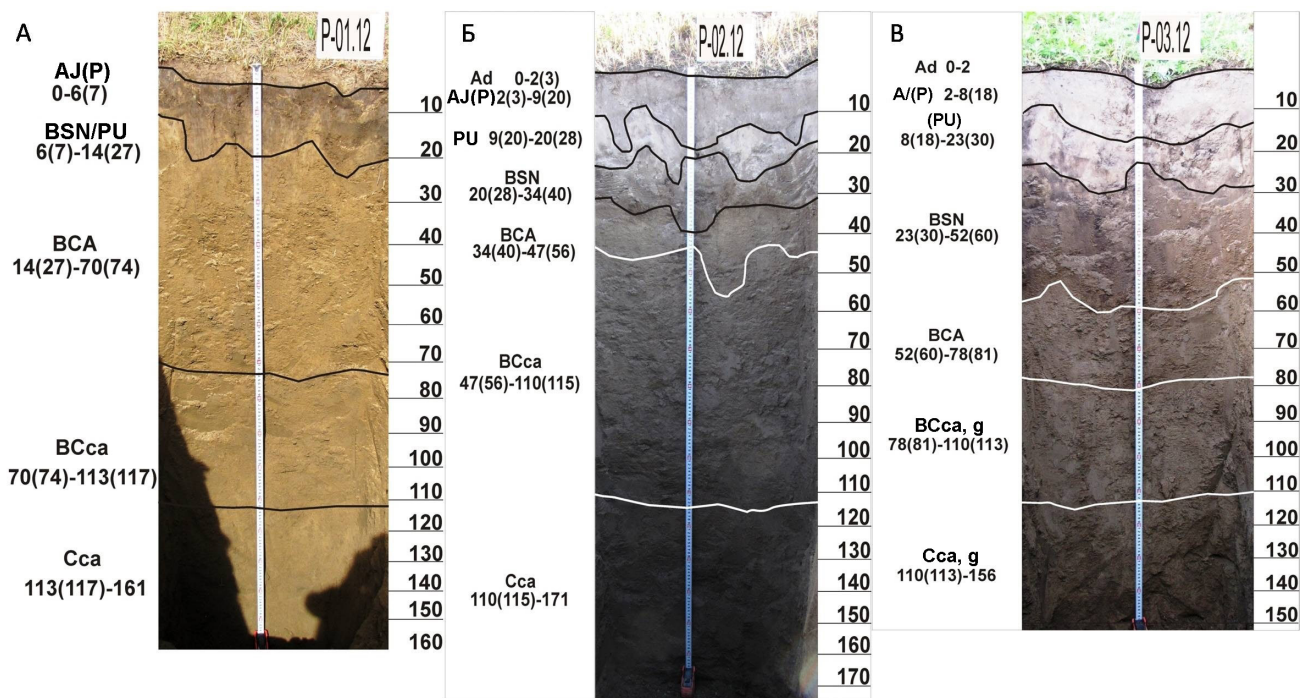


Рис. 3. Морфологическое строение почвенных разрезов былларов: А – разрез на вершине быллара (P-01-12); Б – разрез на склоне быллара (P-02-12); В – разрез на днище западины между былларами (P-03-12)
Fig. 3. The morphological structure of the bylar soil profiles: А – profile on the top of the bylar (P-01-12); Б – profile on the slope of bylar (P-02-12); В – profile on the depression between bylars (P-03-12)

териала разной степени разложения. Под задернованным горизонтом в разрезе P-02-12 залегает характерный для солонцов светлых – светлогумусовый горизонт светло-серого цвета с буроватым оттенком. В результате деформации рельефа бывший пахотный горизонт оказался на склоне микрорельефа, улучшение дренажа в последние два десятилетия, по-видимому, привело к промывке водорастворимых веществ, включая лабильные фракции органических веществ, и обусловило осветление окраски почвы. Солонцовый горизонт залегает на глубине от 20(28) до 34(40) см, мощность его составляет 12–14 см. В отличие от первого разреза здесь криогенные процессы менее выражены, в результате чего подпахотный (белесый) и иллювиальный (бурый) горизонты четко дифференцированы.

В третьем разрезе в процессе оседания профиля почвы гумусовый горизонт частично перемешан с элювиальным. В профиле последнего разреза (P-03-12) солонцовый горизонт серовато-бурого цвета залегает на глубине от 23(30) до 52(60) см, мощность его составляет ~ 29–30 см. Элювиальный горизонт ярко выражен и имеет характерный светло-серый с белесым оттенком цвет. Данный разрез по морфологическому строению схож со вторым (P-02-02). Отличается менее выраженными следами криогенных процессов и дифференциацией горизонтов вымывания и вымывания. Здесь, в отличие от предыдущих двух почвенных профилей, элювиальный и солонцо-

вый горизонты гораздо мощнее, что объясняется «растяжением» данных слоев при оседании нижней части профиля почвы при исчезновении фундамента из повторно-жильного льда.

Аккумулятивно-карбонатный горизонт (BCA) в почвенном профиле разреза, заложенного на вершине быллара, является наиболее мощным из представленных (47–56 см). Имеет палевую с темно-серыми пятнами окраску. Нижняя граница данного горизонта в разрезе P-02-12 располагается существенно выше, чем в предыдущем, и доходит только до глубины 47(56) см, из-за чего его мощность гораздо меньше (13–16 см). В разрезе P-03-12 горизонт BCA из-за мощного солонцового горизонта залегает ниже, чем в предыдущем разрезе, в пределах 52(60)–78(81) см, что также объясняется «растяжением» профиля почвы при оседании вниз за счет потери несущей способности льдов в результате таяния.

Переходные горизонты (BCca, BCca,g) в разрезах P-01-12 и P-03-12 не отличаются большой мощностью и достигают 43 и 32 см соответственно. Следует отметить, что нижняя граница горизонта во всех трех разрезах залегает на примерно одинаковой глубине ~ 110–117 см. Но как было отмечено ранее, нижняя граница аккумулятивно-карбонатного горизонта в P-02-12 расположена существенно выше. Вследствие чего мощность нижележащего горизонта BCca значительно больше, чем в остальных двух, и достигает 59–63 см. Стоит также отметить, что окрас-

ка почвы в переходном горизонте во всех трех представленных разрезах практически одинакова – светло-серовато-бурая с незначительным отличием в первом разрезе – светло-буровато-серая.

Материнская порода (горизонты Сса и Сса,g) во всех трех разрезах в отношении глубины залегания окраски практически одинакова. Можно отметить, что все три разреза подстилаются многолетней мерзлотой с небольшой разницей в глубине залегания – 161 см, 171 см и 156 см соответственно.

Динамика физико-химических показателей почв при начальных стадиях термокарстовой трансформации. В качестве наиболее информативных свойств почв при их термокарстовой трансформации нами изучены такие динамические показатели, как плотность, актуальная кислотность (рН) и полевая влажность.

Считается, что плотность почвы зависит от свойств пород, образующих твердую фазу, гранулометрического состава, структуры и содержания органического вещества. Установлено, что этот показатель динамичен [19, 20]. На окультуренных площадях наиболее рыхлой почва бывает сразу после обработки, затем постепенно уплотняется и через некоторое время ее плотность приходит в равновесное состояние. Как известно, при термокарстовой трансформации почв в результате таяния клиньев подпочвенного льда одни участки оседают, а другие на полигонах, при начальных стадиях деградации, сохраняют свое прежнее положение. Изучая плотность по профилю почв на разных формах рельефа начальных стадий термокарста, можно установить влияние деградации подпочвенных льдов на пространственную и вертикальную пестроту плотности почвы.

Параметры плотности почвы на былларе характеризуются типичными для мерзлотных окультуренных палевых солонцеватых почв показателями. На поверхности выделяется тонкий (0–6(7) см) светлогумусовый горизонт, представляющий бывший пахотный слой с плотностью 1,19 г/см³ (рис. 4,А). Ниже залегает очень плотная подплужная подошва BSN/(PU), представляющая собой элювиально-солонцеватый горизонт, еще ниже – плотные слои ВСа и ВСса. Надмерзлотный, самый нижний слой почвы Сса, по классификации Н.А. Качинского [19], относится к очень плотным (1,53 г/см³), что в целом характерно и для палевых почв в естественных условиях под таежной растительностью [6]. Сокращение мощности пахотного слоя возможно обусловлено сочетанием комплекса факторов, связанных с низкой культурой земледелия (неглубокой пахотой) и усилением водной эрозии в условиях деформации рельефа в результате проявления начальных стадий термокарста в последние десятилетия.

В профиле почвы на склоне быллара в результате оседания произошла существенная перестройка плотности по профилю почвы. Она привела к уплотнению поверхностного и подпахотного горизонтов, что объясняется формированием более мощного дернового горизонта в условиях отсутствия механического рыхления и усиления солонцовых свойств бывшего подпахотного слоя в результате промывки верхних слоев почвы. В то же время наблюдается снижение плотности солонцового горизонта (глубины 20–40 см), что, возможно, связано с удалением легкорастворимых солей из верхних горизонтов почвы при проявлении роли транзитных ландшафтов на склонах микрорельефа. Генетические горизонты нижней половины профиля почвы на склонах микрорельефа испытали уплотнение. Данное явление обусловлено вертикальным сжатием нижней половины профиля почвы при оседании наиболее прочносвязанных верхних горизонтов почв локальных участков пашни вслед за уходящими вниз такими же слоями почв западин.

В результате таяния повторно-жильных льдов, представляющих собой фундамент залегающих на них грунтов, почвы западин подверглись сильному проседанию, они влекут за собой рядом расположенные площади бывших пахотных угодий, которые оказались на склонах микрорельефа. Плотность почв западин при этом до метровой глубины по сравнению с плотностью контроля (почва на былларе) сильно не меняется. Обратная картина наблюдается в надмерзлотном полуметровом горизонте, плотность которого составляет всего 1,04 г/см³. Такое резкое рыхление данного слоя объясняется обвалом нижней части почвы вслед за защитным слоем, залегающим над подземными льдами в результате таяния последних под влиянием распространения положительных температур в этих глубинах в результате потепления климата.

Кислотность почвы – важный агрохимический параметр, указывающий на баланс кислот и оснований в почвенном растворе, от которого зависят многие агро- и биохимические процессы, определяющие плодородие почв. Как видно на графике 4,Б, показатели рН почвы на былларе, представляющего слабо трансформированный останец почв бывших пахотных угодий, указывают на очень сильнощелочную реакцию по всему профилю (рН > 9,5). По сравнению с ним в светлогумусовом горизонте почвы склона быллара наблюдается снижение показателя рН до 8,5, что обусловлено с усилением промывного режима в транзитных условиях и удалением растворимых солей натрия. Резко заметная динамика параметров рН по профилю отмечается в почвах западин (Р-03-12), где верхний слой 10 см приобрел

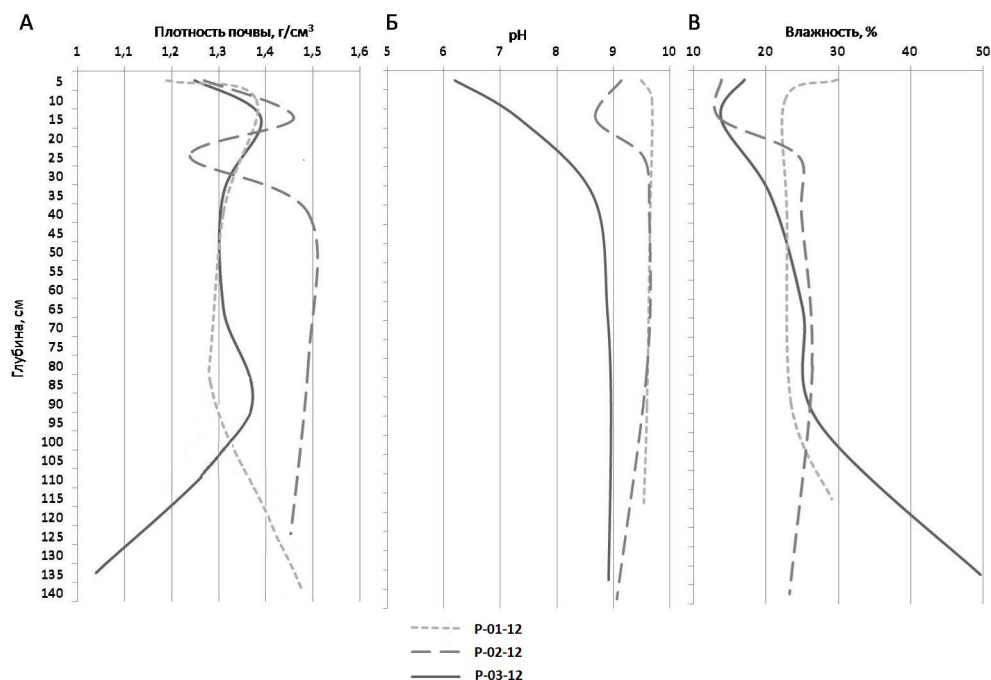


Рис. 4. Некоторые физико-химические показатели почв былларов: А – плотность почвы; Б – pH (водный); В – полевая влажность
Fig. 4. Physico-chemical properties of bylar soils: А – soil density; Б – pH (water); В – field humidity

нейтральную реакцию среды, слой 10–20 см – слабощелочную, слой 20–30 см – щелочную реакцию. Снижение щелочности в этом разрезе наблюдается по всей глубине профиля. Выявленная динамика почвенной реакции в почвах западин объясняется удалением легкорастворимых солей в результате активизации промывного режима, обусловленного их геоморфологическим положением. Как правило, западины микрорельефа в данном случае являются местом сбора поверхностного стока, а термокарстовое разрыхление нижней половины почвы способствует усилению фильтрации влаги с растворенными веществами и ее выводу из почвенного профиля в термокарстовые пустоты.

При интерпретации динамики полевой влажности почв по профилю следует учесть, что под утро 6 июля 2012 г. с 3 до 9 часов в Чурапче прошел дождь, выпало около 10 мм осадков. Поскольку до этого стояла сухая жаркая погода поверхностные слои почв были иссушены и выпавшие осадки не проникли глубоко в почву. Это хорошо видно на примере разреза на былларе, где содержание влаги в слое 0–5 см повысилось до 30 %, т.е. дождь промочил лишь толщу напочвенного войлока и самую верхнюю часть гумусового горизонта (рис. 4,В). В средней части профиля влажность почвы имеет ровные показатели, и только в надмерзлотных слоях наблюдается увеличение содержания влаги до 29,1%, связанное с освобождением законсервированной мерзлотой влаги. Полевая влажность в верхних

слоях почв склона и западины оказалась значительно ниже, чем в аналогичных слоях почвы на былларе. Только с глубины ниже 20 см в почвах склона (Р-02-12) содержание влаги превышает таковые разреза Р-01-12. Склоновое расположение разреза обусловило примерно с глубины 1 м по профилю постепенное снижение влажности почвы до мерзлого водоупора. Подобная динамика содержания влаги по профилю почвы свидетельствует об оттоке ее в гипсометрически ниже лежащие почвы западин. За счет внутрпочвенного надмерзлотного стока влаги в надмерзлотных слоях почвы западины (Р-03-12) происходит плавное увеличение влажности, достигающее максимального значения в надмерзлотном горизонте (49,7%). Распределение полевой влажности почв по профилю и в пространстве показывает, что влага, поступающая из атмосферы, а также при таянии деятельного слоя почвы, стекается с вершин и склонов былларов и накапливается в западинах между ними.

Выводы

В условиях глобальных изменений климата на пахотных угодьях Центральной Якутии наблюдается деградация льдов ледового комплекса с образованием начальных форм аласообразования – былларов, а местами и молодых термокарстовых озер – дюеда. Проявление термокарстового процесса на пашнях приводит к трансформации почвенного покрова выведенных из хозяйственного оборота крупных площадей.

В результате термокарстовой трансформации происходит перестройка морфологического профиля почв со сменой их типовой принадлежности. Почвы бугров былларов представляют собой останцы ранее обрабатываемых пахотных угодий с окультуренными мерзлотными палевыми солонцеватыми почвами. Формула их профиля: O-AJ/(P)-BSN/(PU)-BCA-Сса. По склонам былларов сформированы мерзлотные солонцы светлые типичные с формулой профиля: Ad-AJ/(P)-PU-BSN-BCA-BCsa-Сса. В западинах микрорельефа вскрыты мерзлотные солонцы светлые глееватые с формулой профиля: Ad-A/(P)-PU-BSN-BCA-BCsa,g-Сса,g.

Трансформация почвенного покрова сопровождается существенной динамикой параметров плотности, pH и полевой влажности по профилю почв. При оседании поверхности склонов происходит уплотнение нижней части профиля их почв (ниже 30–40 см), а в надмерзлотных горизонтах почв западин наоборот наблюдается резкое разрыхление в результате обвала почвенного субстрата и защитного слоя грунтов в результате таяния подстилающих их льдов. Почвы склонов микрорельефа и западин в результате смены положения в рельефе испытывают динамику параметров pH и полевой влажности. Усиление промывного режима приводит к удалению растворимых солей и, как результат этого, снижению щелочности, а аккумуляция влаги в понижениях рельефа способствует увеличению влажности в нижней половине профиля почв западин и их оглеению.

Литература

1. Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 144 с.
2. Строение и абсолютная геохронология аласных отложений Центральной Якутии / Е. М. Катасонов, М. С. Иванов, Х. Зигерт и др. Новосибирск: Наука, 1979. 95 с.
3. Еловская Л. Г., Коноровский А. К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск, 1978. 175 с.
4. Почвы Якутии / Р.В. Десяткин, М.В. Оконешникова, А.Р. Десяткин. Якутск: Бичик, 2009. 64 с.
5. Десяткин Р. В. Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. 168 с.
6. Десяткин Р.В. Почвообразование в термокарстовых котловинах – аласах криолитозоны. Новосибирск: Наука, 2008. 324 с.
7. Еловская Л.Г., Коноровский А.К., Саввинов Д.Д. Мерзлотные засоленные почвы Центральной Якутии. М.: Наука, 1966. 274 с.
8. Саввинов Д. Д. Мерзлотные почвы мира:

Учеб. пособие / Отв. ред. Н.А. Граве. Якутск: Якут. гос. ун-т, 1986. 98 с.

9. Саввинов Д. Д. Почвы Якутии: проблемы рационального использования почвенных ресурсов, их мелиорация и охрана. Якутск: Кн. изд-во, 1989. 152 с.

10. Леса среднетаежной подзоны Якутии / П.А. Тимофеев, А.П. Исаев, И.П. Щербаков и др.; Отв. ред. Р.В.Десяткин. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. 140 с.

11. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии: изд 2-е, перераб. и доп. Якутск: Якутское книжное изд-во, 1973. 119 с.

12. Скачков Ю.Б. Современные изменения климата Центральной Якутии // Климат и мерзлота: комплексные исследования в Якутии. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2000. С. 55–63.

13. Обзор современных изменений климата и природной среды в Республике Саха (Якутия) / М.Н. Григорьев, Ю.Б. Скачков, А.Н. Федоров, Р.В. Десяткин, Т.Х. Максимов. Якутск: ИМЗ СО РАН, 2010. 17 с.

14. Desyatkin R., Fedorov A., Desyatkin A., Konstantinov P. Air temperature changes and their impact on Permafrost ecosystems in eastern Siberia - Thermal Science. 2015. V. 19, suppl. 2. P. 351–360. doi: 10.2298/TSCI150320102D.

15. Гаврильев П.П., Угаров И.С., Ефремов П.В. Криогенные процессы и устойчивость пород ледового комплекса в Центральной Якутии при современном изменении климата и нарушении поверхности // Наука и образование. 2005. №4(40). С.84–87.

16. Красюк А.А. при сотрудничестве Огнева Г.Н. Почвы Ленско-Амгинского водораздела (Якутский округ) // Материалы Комиссии по изуч. ЯАССР. М.: Изд-во АН СССР, 1927. 176 с.

17. Зольников В.Г. Почвы восточной половины Центральной Якутии и их использование // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Вып.1. С.35–221.

18. Еловская Л.Г. Почвы земледельческих районов ЯАССР и пути повышения их плодородия. Якутск, 1964. 76 с.

19. Качинский Н.А. Физика почвы. Часть 1. М.: Высшая школа, 1965. 324 с.

20. Долгов С.И. Агрофизические методы исследования почв. М.: Наука, 1966. 257 с.

References

1. Solov'ev P.A. Kriolitizona severnoj chasti Leno-Amginskogo mezhdurech'ya. M.: Izd-vo AN SSSR, 1959. 144 s.
2. Stroenie I absolyutnaya geohronologiya alasnyh otlozhenij Central'noj Yakutii / E. M. Katasonov, M. S. Ivanov, X. Zigert I dr. Novosibirsk: Nauka,

1979. 95 s.

3. *Elovskaya L.G., Konorovskij A.K.* Rajonirovanie I melioraciya merzlotnyh pochv Yakutii. Novosibirsk, 1978. 175 s.

4. *Pochvy Yakutii / R.V. Desyatkin, M.V. Okoneshnikova, A.R. Desyatkin.* Yakutsk: Bichik, 2009. 64 s.

5. *Desyatkin R. V.* Pochvy alasov Leno-Amginskogo mezhdurech'ya. Yakutsk: YaF SO AN SSR, 1984. 168 s.

6. *Desyatkin R.V.* Pochvoobrazovanie v termokarstovyh kotlovinah – alasah kriolitozony. Novosibirsk: Nauka, 2008. 324 s.

7. *Elovskaya L.G., Konorovskij A.K., Savvinov D.D.* Merzlotnye zasolennye pochvy Central'noj Yakutii. M.: Nauka, 1966. 274 s.

8. *Savvinov D. D.* Merzlotnye pochvy mira: Ucheb. posobie / Otв. red. N.A. Grave. Yakutsk: Yakut. Gos. Un-t. 1986. 98 s.

9. *Savvinov D.D.* Pochvy Yakutii: rocess racional'nogo ispol'zovaniya pochvennyh resursov, ih melioraciya I ohrana. Yakutsk: Kn. izd-vo, 1989. 152 s.

10. *Lesa srednetaezhnoj podzony Yakutii // P.A. Timofeev, A.P. Isaev, I.P. Shcherbakov; Otв. red. R.V. Desyatkin.* Yakutsk: YNC SO RAN, 1994. 140 s.

11. *Gavrilova M.K.* Klimat Central'noj Yakutii: izd 2-e, pererabotannoe I dopolnennoe. Yakutsk: Yakutskoe knizhnoe izd-vo, 1973. 119 s.

12. *Skachkov Y.B.* Sovremennye izmeneniya klimata Central'noj Yakutii // Klimat I merzlota: kompleksnye issledovaniya v Yakutii. Yakutsk: Izd-vo IMZ SO RAN, 2000. S. 55–63.

13. *Obzor sovremennyh izmenenij klimata I prirodnoj sredy v Respublike Saha (Yakutiya) / M.N. Grigor'ev, Y.B. Skachkov, A.N. Fedorov, R.V. Desyatkin, T.H. Maksimov.* Yakutsk: IMZ SO RAN, 2010. 17 s.

14. *Desyatkin R., Fedorov A., Desyatkin A., Konstantinov P.* Air temperature changes and their impact on permafrost ecosystems in eastern Siberia – Thermal Science. 2015. V.19, suppl. 2. P. 351–360. doi: 10.2298/TSCI150320102D.

15. *Gavril'ev P.P., Ugarov I.S., Efremov P.V.* Kriogennyye rocess I ustojchivost' porod ledovogo kompleksa v Central'noj Yakutii pri sovremennom izmenenii klimata I narushenii poverhnosti // Nauka I obrazovanie. 2005. №4(40). S.84–87.

16. *Krasyuk A.A.* pri sotrudnichestve Ogneva G.N. Pochvy Lensko-Amginskogo vodorazдела (Yakutskij okrug) // Materialy Komissii po izuch. YASSR. M.: Izd-vo AN SSSR, 1927. 176 s.

17. *Zol'nikov V.G.* Pochvy vostochnoj poloviny Central'noj Yakutii I ih ispol'zovanie // Materialy o prirodnym usloviyah I sel'skom hozyajstve Central'noj Yakutii. M.: Izd-vo AN SSSR, 1954. Vyp.1. S.35–221.

18. *Elovskaya L.G.* Pochvy zemledel'cheskih rajonov YASSR I puti povysheniya ih plodorodiy. Yakutsk, 1964. 76 s.

19. *Kachinskij N.A.* Fizika pochvy. Chast' 1. M.: Vysshaya shkola, 1965. 324 s.

20. *Dolgov S.I.* Agrofizicheskie metody issledovaniya pochv. M.: Nauka, 1966. 257 s.

Поступила в редакцию 17.08.2018

Принята к публикации 08.02.2019

Об авторах

ФИЛИППОВ Николай Васильевич, инженер-исследователь, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Россия, 677980 г. Якутск, пр. Ленина, 41,

<http://orcid.org/0000-0002-8686-6475>, finiva88@mail.ru;

ДЕСЯТКИН Роман Васильевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Россия, 677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41,

<http://orcid.org/0000-0002-1289-5433>, rvdes@ibpc.ysn.ru.

About the authors

FILIPPOV Nikolai Vasil'evich, Research Engineer, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41, pr. Lenina, Yakutsk, 677980, Russia,

<http://orcid.org/0000-0002-8686-6475>, finiva88@mail.ru;

DESYATKIN Roman Vasil'evich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41, pr. Lenina, Yakutsk, 677980, Russia,

<http://orcid.org/0000-0002-1289-5433>, rvdes@ibpc.ysn.ru.

Информация для цитирования:

Филиппов Н.В., Десяткин Р.В. Необратимые трансформации морфогенетических показателей окультуренных палевых почв криолитозоны под влиянием начальных стадий аласообразования // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2019. Т. 24, № 1. С.82–91. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-1-82-91>.

Citation:

Filippov N.V., Desyatkin R.V. Irreversible transformations of the morphogenetic parameters cultivated pale soils of the cryolithozone under the influence of the initial stages of alas formation // Arctic and Subarctic natural resources. 2019. V. 24, no. 1. P. 82–91. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-1-82-91>.