УДК 627.512:631.4(282.256.84)

ВЛИЯНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПАВОДКОВ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ДОЛИНЫ РЕКИ АЛАЗЕЯ И ВОДОХРАНИЛИЩИ

Роман Васильевич Десяткин,
главный научный сотрудник, Лауреат Золотой медали РАН им. В.В. Докучаева, д-р., биол. наук, профессор, e-mail: rvdes@ibpc.ysn.ru

Александра Зуевна Иванова,
младший научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

Рахмон Курвантаев,
главный научный сотрудник, д.с/х. н., профессор, e-mail: kurvontoev@mail.ru

Института почвоведения и агрохимических исследований

Аннотация. В связи с изучением последствий катастрофических паводков на бассейне реки Алазея в 2008-2009 гг. и затопление после разрыва Сардабинского водохранилище 2020 г. впервые проведены комплексные научные исследования. В настоящей статье проводятся материалы по выявлению влияния длительных паводков на почвенный покров в долинной части реки и водохранилище, обосновывается выделение стадий нарушенности почв, подверженных длительному затоплению. Дается морфологическая характеристика нарушенных профилей, состав воднорастворымых солей и приводятся основные физико-химические свойства выделенных почв.

Ключевые слова: паводок, почвенный покров, деградация, подзона северной тайги, состав воднорасворимых солей.

Annotation. In connection with the study of the consequences of catastrophic floods in the Alazeya River basin in 2008-2009. and flooding after the rupture of the Sardaba reservoir in 2020, comprehensive scientific research was carried out for the first time. This article contains materials to identify the influence of long-term floods on the soil cover in the valley part of the river and reservoir, and substantiates the identification of stages of soil disturbance subject to long-term flooding. The morphological characteristics of the disturbed profiles, the composition of water-soluble salts are given, and the main physicochemical properties of the selected soils are given.

Key words: flood, soil cover, degradation, northern taiga subzone, composition of water-soluble salts.

Annotatsiya. 2008-2009 yillarda Alazeya daryosi havzasida sodir bo'lgan halokatli suv toshqini oqibatlarini o'rganish munosabati bilan va 2020-yilda Sardoba suv ombori yorilishidan keyin suv toshqini bo'yicha birinchi marta keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar olib borildi. Ushbu maqolada daryo va suv omborining vodiy qismida uzoq muddatli suv toshqinlarining tuproq qoplamiga ta'sirini aniqlash uchun ma'lumotlar mavjud va uzoq muddatli suv toshqini ostida bo'lgan tuproqning buzilishi bosqichlarini aniqlashga asoslanadi. Buzilgan kesmalarning morfologik xususiyatlari, suvda eriydigan tuzlarning tarkibi berilgan va tanlangan tuproqlarning asosiy fizik-kimyoviy xususiyatlari keltirilgan.

Kalit so'zlar: toshqin, tuproq qoplami, degradatsiya, shimoliy tayga mintaqasi, suvda eruvchan tuzlar tarkibi.

Введение. Река Алазея – одна из крупных рек, дренирующих Приморскую низменность, имеет длину около полутора тысяч километров, площадь бассейна 75 тыс. км^2, характеризуется преимущественно атмосферным питанием. Река формируется из слияния двух горных рек Нелькан и Кадылчан в пределах Алазейского плоскогорья [1; 136-с]. Бассейн среднего и нижнего течения занимает равнинную часть Колымской низменности и имеет слаборасчлененный рельеф с абсолютными высотами менее 50 м. Строение русла сильномеандрирующее (коэффициент извилистости достигает 4).

Большая часть бассейна реки характеризуется резко выраженным континентальным климатом, за исключением островов и узкой прибрежной полосы Восточно-Сибирского моря, где континентальность проявляется немного слабее, а климат отличается менее суровой зимой и прохладным летом. По данным станции «Алазея» среднегодовая температура воздуха достигает -15,2°, а среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 209–276 мм. Лето в пределах верхнего и среднего течения реки короткое, сравнительно теплое, на побережье моря – прохладное, пасмурное, сырое и ветреное. По побережью океана в течение всего лета возможны снегопады. Продолжительность безморозного периода в верхнем течении реки в среднем – 70 дней. Максимальные температуры наблюдаются в июле месяце. Несмотря на малое количество осадков, степень увлажнения большей части поверхности избыточна, что приводит к интенсивному заболачиванию территории. Основной лимитирующий фактор развития растений и почво-образования – низкая почвенная температура [2; 189-с].

В конце 20-го века гидрологический режим реки начал меняться, появились длительные летние и позднелетние паводки. Своего максимума эти паводки достигли 2006-2009 и 2017 гг. и вызывали образованию огромных по площади разливов воды, которые залили не только пойменную часть, но низкие участки первой надпойменной террасы. Вся долина среднего течения реки в зиму 2007-2008 гг. оставалась под водой (рис. 1). Резкое изменение гидрологического режима реки во время длительных паводков вызвали нарушение природной среды реки и существенную трансформацию растительного и почвенного покрова долинных и приводораздельных экосистем.

Причины нарушения гидрологического режима окончательно не выяснены. Результаты научно-исследовательских работ, проведенных с целью выяснения причин подтопления населенных пунктов, показали, что основной причиной повышения уровня реки Алазея являются принудительный и естественный спуск озер, а также изменение водного баланса реки в связи с повышением количества атмосферных осадков в 2006–2007 гг. [3; 23-26-с.,13; 211-с]. В то же время нельзя отбрасывать фактор дополнительной подпитки всех водоемов бассейна реки за счет таяния верхних слоев льдистой многолетней мерзлоты при увеличении мощности деятельного слоя. По свидетельствам местных жителей в районе г. Среднеколымска и с. Сватая, мощность сезонного протаивания в 70-ые годы прошлого столетия в лесу не превышала 0,7-0,8 м, а в настоящее время она - более метра. По литературным данным за последние 20 лет отмечено увеличение величины деятельного слоя Колымской низменности на 15 – 30 % [4; 333-336-р, 5; 481-489-р].

ISSN 2181-0826 4/2023 y.



Рис.1. Наводнение на р.Алазея в 2007 году (район с. Сватай)

Объект и методы исследований. Бассейн реки включает три ботанико-географические зоны: тундровая, лесотундровая и таежная, представленная в данном случае подзоной северой тайги [6; 168-с]. По почвенно-географическому районированию России бассейн нижнего течения реки Алазея относится к Восточно-Сибирской провинции очень холодных мерзлотных почв зоны тундровых глеевых почв и подбуров Субарктики полярного пояса Евразиатской полярной области полярного пояса [8; 632-с]. Почвенный покров бассейна среднего и верхнего течений реки входят в Индигиро-Колымскую провинцию очень холодных мерзлотных почв подзоны таежных глее-мерзлотных почв северной тайги Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области бореального пояса. По классификации почв России почвы, формирующиеся на исследуемой территории входят в отдел криотурбированных (подтипы: криоземы типичные, грубогумусные, перегнойные, торфяно-криоземы) и глеевых почв (глееземы типичные, грубогумусные, криотурбированные) ствола постлитогенных почв, и в отдел торфяных почв ствола органогенных почв. Почвообразующие породы представлены четвертичными отложениями, главным образом, речным аллювием, мощность которых достигает нескольких десятков метров [7; 5-11-с]. Гранулометрический состав почв - суглинистый с примесью супеси и песка в районе среднего течения р. Алазеи, сменяющийся постепенно при продвижении вниз по течению суглинистым с примесью вязких супесчано-илистых отложений [9; 73-109-с].

Все почвы Голодной степи также северного района исследования в какой-то степени прошли или проходят гидроморфную стадию развития [14; 96-100-с]. В подзоне северной тайги (район исследования в окрестностях п. Сватай и п. Аргахтах на надпойменных террасах и на водоразделе, на древних аллювиальных отложениях, формируются криоземы типичные (гомогенные, надмерзлотно-глееватые) и криоземы тиксотропные. Морфологическими признаками криоземов являются: отсутствие заметной дифференциации профиля, формирование в условиях высокого гидроморфизма, слабые признаки оглеения в нижних горизонтах, тиксотропия и гомогенизация профиля [8; 632-с., 9; 79-109-с]. На низкой пойме были описаны аллювиальные слаборазвитые почвы. Данные почвы характеризуются слабовыраженной дифференциацией, наличием механических нарушений в верхней части профиля, где наблюдаются фрагменты

дернового горизонта и хорошо сохранившегося аллювия, некоторой оглеенностью, легким гранулометрическим составом и скрытой слоистостью профиля.

В окрестностях п. Андрюшкино начинается подзона лесотундр, переходящая в зону тундр. В этом районе уменьшается уровень протаивания почв, увеличиваются степень и признаки оглеения. Здесь развиваются тундровые глееватые и торфянисто-глееватые почвы. Эти почвы приурочены к сравнительно хорошо дренируемым участкам арктической и субарктической тундры, на которых хорошо выражен пятнисто-бугорковатый микрорельеф, обусловленный мерзлотным растрескиванием поверхности [10; 173-с]. Пойменные почвы в зоне тундр представлены аллювиальными дерново-глееватыми почвами.

Резкое изменение гидрологического режима реки в 2006-2009 гг. вызвало затопление не только пойменных земель, но и первой надпойменной террасы в среднем течении реки. Длительное затопление на этих территорий вызвало деградацию лугов и гибели лесной растительности. По оценочным данным общая площадь погибших от подтопления лиственничных лесов достигает почти 600 га. Продолжительный гидроморф ный стресс оказал негативное влияние на почвенный покров и состояние ледового комплекса.

Влияние огромной водной масса аккумулировавшей положительные температуры заключается в повальной активизации процессов, связанных с приставкой термо- (термоэрозия, термоденудация, термоабразия, термокарст и т.д.). Интенсификация эрозионных процессов, вызванных этими процессами, на территории, содержащей ледовый комплекс, сопровождается повсеместным образованием просадок рельефа, размыва и обрушения берегов. При этом поступление дополнительной массы глинистых пород в воды реки многократно увеличивает содержание взвешенных частиц и на равнинных местах при слабом течении приводит к постепенному накоплению материала в нижнем течении реки и формирует некую природную преграду водным массам, увеличивая тем самым время затопления [12; 189-с]. При медленном спаде разлившейся по всей долине реки воды идет аккумуляция взвешенных частиц на поверхности затопленных почв.

Результаты и их обсуждения. Как показали наши исследования в 2008 г., поверхность всей пойменной части долины реки была сильно трансформирована русловыми процессами (рис. 2). Русловые потоки с одной стороны интенсивно смыли поверхностные горизонты почв выступающих частей микро- и мезоповышений. С другой стороны на почвах понижений рельефа шла аккумуляция свежего аллювия. Мощность слоя свежих аллювиальных отложений достигает 10 и более см. Соотношение площади смытых и покрытых свежим аллювием почв составляет 2/3. Следовательно, паводки в условиях мерзлотной области, где компоненты природной среды характеризуются слабой устойчивостью, в первую очередь, оказывают механическое воздействие на почвы, нарушая их естественное морфологическое строение. Трансформацию морфологического строения почв можно расценить как нарушение генетических признаков, вызывающих смену доминирующих почвообразовательных процессов и приводящих к изменениям типовой принадлежности тех или иных почв вне поймы, т.е. на I надпойменной террасе. В условиях поймы это обычный процесс формирования аллювиальных почв.

Длительное затопление, как и везде при таких случаях, приводит к установлению по всему профилю

ISSN 2181-0826 4/2023 y.

почв условий анаэробиоза, тем самым способствует развитию процессов без доступа свободного кислорода, что нарушает окислительно-восстановительную обстановку, ведет к появлению закисных форм полуторных окислов и, в конечном счете, снижает уровень плодородия почв и ухудшает питание растений. По этой причине пастбища и сенокосные угодья, попавшие под влияние длительных паводков, находятся в угнетенном состоянии. В районе верхнего течения реки влияние паводка на почвы незначительно. В профиле, испытавших затопление почв лишь выражены признаки процессов оглеения, интенсивно протекающих в

Таблица

Основные физико-химические свойства нарушенных и ненарушенных почв

Стадия нарушенности	Горизонт	Мощность	$pH_{водн}$	Гумус, *-ППП, %	Обменные катионы, ммоль/100г			ГК, ммоль/100г	Степень насыщенности,%	Fe, %		Fea/ Fенс
					Ca^{2+}	Mg^{2+}	H+			аморфное	несилікатное	
фон	Ao	0-16	4	46,52*	19,6	11,8	45,7	151,0	17,2			
	Bg	16-47	5,5	0,75	3,1	1,5	0,8	4,7	49,8	0,31	0,43	0,71
1	ABg	7-22	4,9	1,90	7,2	4,8	11,7	35,6	25,1	0,79	1,11	0,71
	Bg(G)	22-81	5,9	1,88	5,0	3,6	2,0	3,6	70,5	0,35	0,46	0,76
2	Ao'(C)	0-2(12)	5,2	24,35*	12,9	8,6	8,6	46,8	31,4			
	Bg	2(12)-87	5	3,87	5,4	3,1	4,5	16,0	34.6	0,61	0,79	0,78
3	Cg	0-8	5,7	1,81	3,9	2,9	0,2	5,6	54.9	0,48	0,62	0,77
	Ao'(C)	8-21	5,2	32,25*	23,9	10,9	8,9	68,9	33,5			
	Bg'	21-75□	5,1	4,89	4,9	4,2	2,5	15,9	36,5	0,64	0,76	0,84



Рис. 2. Деградация растительно-почвенного покрова

анаэробной обстановке в условиях избыточного увлажнения. Наиболее разрушительное действие паводка на почвы наблюдается в районе среднего и нижнего течения р. Алазея (окрестности п. Аргахтах и п. Андрюшкино). Здесь было выделено 3 стадии деградации зонального типа почв - криозема (рис. 3):

1. Слабая степень: профиль почвы характеризуется повышенной переувлажненностью, тиксотропией и частичной гомогенизацией (рис.3а). Почва очень вязкая, с нарушенной

почвенной структурой. Верхний органогенный горизонт частично перемешан с минеральными илистыми частицами.

2. Средняя степень: верхняя органогенная часть профиля частично деградирована (рис. 3б). Грунт очень мокрый, бесструктурный. На поверхности почвы незначительный фрагментарный слой аллювиальных отложений.

3. Сильная степень: на поверхности почвы слой иловато-суглинистого речного аллювия (около 6-10 см, рис.3.в). Органогенный горизонт нарушен, частично смыт. Минеральная толща переувлажнена и лишена структуры. Поверхностный слой отложений имеет голубовато-сизую окраску, что говорит об интенсивном процессе восстановления железа в анаэробных условиях.

а б в

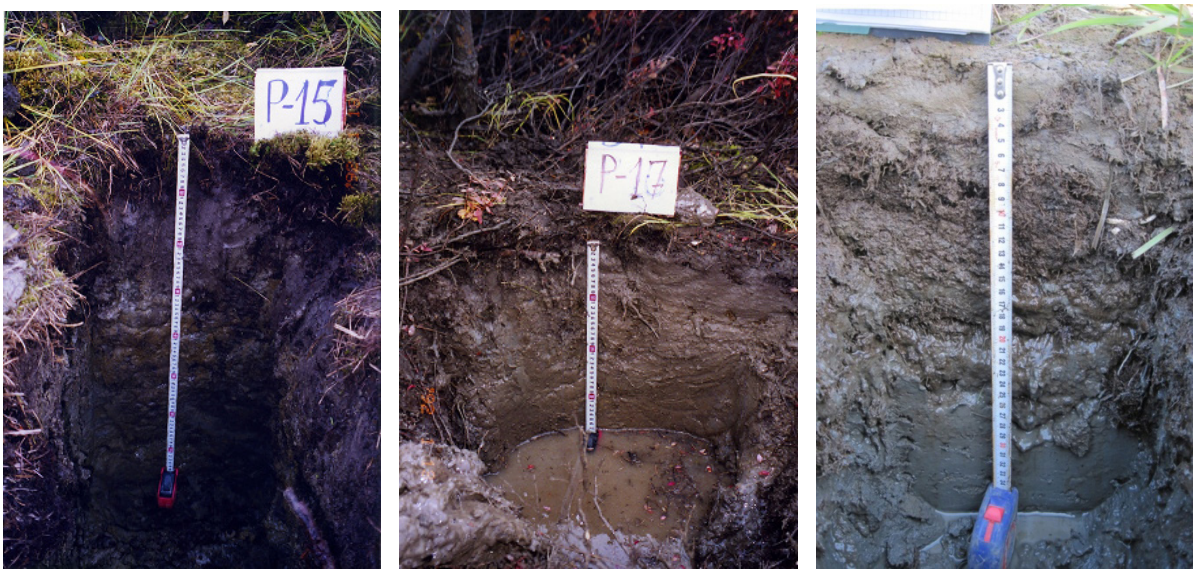


Рис. 3. Деградация криоземов в зоне северной тайги

Приводим описания трансформированных под влиянием длительных паводков почв.

Разрез Р-15 был заложен в местечке Кумах, в 20 м. от берега р. Алазея (правый берег), на надпойменной терраса (2.5 м над урезом воды) под злаково-зеленомошный ивняком, сформировавшемся на месте лиственничного леса. Микрорельеф неровный, мерзлота вскрывается на глубине 81см. Почва представлена криоземом типичным.

О (Ао)	0-7	Моховый очес, в нижней части состоит из слаборазложенных растительных остатков
АВg	7-22	Мокрый, серовато-бурый оглееный, суглинистый, уплотнен, много корней и раст. остатков, слабоструктуренный, комковатый, переход заметный по окраске, граница неровная;
Bg(G)	17-62 81	Мокрый, неоднородный, на светло-сизо-сером фоне много охристых и светлых пятен, суглинистый местами супесчаный, неоструктуренный, вязкий, зерна кварца, корней мало.

Профиль почвы характеризуется повышенной переувлажненностью, вязкостью и частичной гомогенизацией. Почва очень вязкая, с нарушенной почвенной структурой. Верхний органогенный горизонт частично перемешан с минеральными илистыми частицами.

Разрез Р-17 был заложен в 8 км вниз по течению от местечка Кумах, 15 м. от берега р. Алазея (правый берег), на затапливаемом фрагменте террасы под голубично-моховый ивняком,

ISSN 2181-0826 4/2023 y.

сформированном на месте лиственничного редколесья. Микро-рельеф очень неровный, мерзлота вскрывается на глубине 87см, пр-исутствует верховодка (40 см). Бывший криозем типичный или тиксотропный.

Ao (C')	0-2(12)	Мокрый, сильно перемешан с минеральной частью (супесь), фрагментарный, нарушен, много неразложенных растительных остатков, переход постепенный, граница неровная;
Bg	2(12)-40 ^	Мокрый, сочится водой, светло-серовато-бурый с ржавыми пятнами, суглинистый, бесструктурный, вязкий, плотный, корней почти нет, зерна кварца

Верхняя органогенная часть профиля практически полностью отсутствует. Грунт очень мокрый, бесструктурный. На поверхности почвы небольшой фрагментарный слой аллювиальных отложений.

Cg	0-8	Мокрый, свежеотложенный аллювий, сверху присыпан опадом хвои, однородный, серовато-сизый с голубоватым оттенком, тяжелосуглинистый, бесструктурен, уплотнен, легко отрывается от нижележащего горизонта, темные пятна органики и ржавые пятна единичные до 0,5 см, корней нет, переход резкий, граница слабоволнистая;
Ao' (C)	8-21	Состоит из растительных остатков неразложенных и сл. степени разложенности, деградирован, часть материала привнесена, частично смытый, перемешан с илистым аллювием и нижележащим горизонтом, переход заметный, граница неровная;
Bg'	21-35 ^	Мокрый, неоднородный, на светло-сизовато-буром фоне ржавые пятна (15%), среднесуглинистый, плотный, корней мало.

Разрез Р-22 был заложен в окрестностях п. Аргахтах (левый берег) на затапливаемой надпойменной террасе, припущенной к берегу, под бывшим бруснично-голубично-багульниково-ерниково-зеленомошным лиственничным лесом. Микрорельеф очень неровный, мерзлота вскрывается на глубине 75 см., присутствует верховодка (35 см). Бывший криозем типичный.

На поверхности почвы слой иловато-суглинистого речного аллювия (до 10 см). Органогенный горизонт нарушен, частично смыт. Минеральная толща переувлажнена и лишена структуры. Поверхностный слой отложений имеет голубовато-сизую окраску, что говорит об интенсивном процессе восстановления железа в анаэробных условиях.

Сравним основные морфологические и физико-химические характеристики данных почв со свойствами почвы разреза Р-12, представленной ненарушенным криоземом типичным, обозначенным как фон (табл. 1).

В засушливые годы стало заметно, что первая степень нарушенности почвенного профиля имеет хорошую тенденцию к восстановлению. Морфологически уже наблюдаются улучшение гидрологических свойств почвы, проявление структуры, изменение цвета и вязкости и резкое уменьшение уровня протаивания почвы. Но вторая и третья стадии всё также характеризуются общей переувлажненностью грунта, что способствует увеличению глубины протаивания от 40 до 90 см. И если в последующие годы климат будет холоднее, то избыточная влажность

может привести к последующему уменьшению мощности деятельного слоя и заболачиванию [11; 61-с]. В таких почвах наблюдается тенденция к уменьшению кислотности в верхней части профиля за счет привнесенного аллювия и деградации органогенного горизонта. Гумус в северных почвах фульватного, то есть подвижного состава, поэтому под воздействием паводковых вод и процессов гомогенизации, в нижележащих минеральных горизонтах увеличивается содержание органического вещества почвы (от 0,75 до 4,85%). Гидролитическая кислотность уменьшается, что может быть связано с частичной деградацией верхнего органогенного горизонта. Все почвы слабо насыщены основаниями. В данном случае можно отметить, что максимумы распределения по значению степени насыщенности постепенно переместились в верхнюю часть профиля. При движении с юга на север, вниз по течению р. Алазея, степень нарушенности профиля увеличивается.

Также для исследуемых почв были определены несиликатные (вытяжка по Мера-Джексону) и аморфные формы железа (вытяжка по Тамму). Аморфное железо имеет высокие показатели, что связано с его интенсивным высвобождением при избыточном увлажнении (поверхностном) почв. Для оценки степени гидроморфизма почв, подвергшихся влиянию паводковых вод, был подсчитан коэффициент Швертмана, представляющий собой относительную долю аморфного железа от железа несиликатных соединений. Данный коэффициент дает представление о степени старения и кристаллизации свободных оксидов и гидроксидов железа.

Для северных широт аморфное железо в основном представлено закисной формой, к тому же при избыточном увлажнении автоморфных почв содержание двухвалентного железа увеличивается, за счет интенсификации перехода окристаллизованных форм в аморфные закисные формы, что дает возможность сопоставить степень гидроморфизма и степень оглеения.

По результатам анализа видно, что содержание железа в нижних минеральных горизонтах постепенно увеличивается с увеличением степени нарушенности. Такой же тенденцией характеризуется отношение $Fe_a/Fe_{нс}$, достигая значения 0,84 в почвах третьей стадии нарушенности.

Известно, что вследствие динамичности экологических связей разрыв или деструкция отдельных связей приведет к нарушению равновесия в системе. Из-за изменения таких физических показателей состояния мерзлотной, а также аридных почв, как влажност, засуха, структурированность, плотность, глубина протаивания-засоления и промачивания изменяется продуктивность растительных масс. Почва быстро достигает полной влагоемкости из-за природного и грунтового водоупора – мерзлоты и грунтовых вод. На больших пологих территориях и вокруг водохранилище с многочисленными понижениями, имеющих минимальный внутрипочвенный боковой сток, отгон влаги происходит лишь за счет испарения и занимает много времени. Почва долго остается переувлажненной, что впоследствии приводит к ограниченному поступлению кислорода в почву, отмиранию корней растений, нарушению структуры, поднятию уровня протаивания, в аридных зонах грунтовых вод в последующие годы и заболачиванию. В затапливаемых почвах, в условиях кислородного голодания и избыточного увлажнения, устанавливается неблагоприятная окислительно-восстановительная обстановка, значительно снижающая уровень плодородия почв.

Заключение

Длительное затопление в арктичес-

ISSN 2181-0826 4/2023 y.

кой и сероземной зоне, прежде всего, вызывает деградацию поверхностного органогенного горизонта, ухудшение структуры и теплофизических свойств почв, нарушение водного режима. В таких почвах уменьшается продуцирование биомассы, уменьшается биологическая активность, снижается плодородие, трансформируются процессы разложения живых организмов, нарушается буферность системы. С экологической точки зрения сейчас данные территории очень уязвимы и чувствительны к различным внешним факторам (деградация мерзлотного комплекса, климат, на юге засоление и др.), и в экстремальных условиях севера и юга восстановление устойчивого баланса может занять десятки-сотни лет.

Список исползованной литературы:

1. Реки и озера Якутии. Краткий справочник / Отв. ред. В.И. Агеев. – Якутск: Бичик, 2007. – 136 с.а

2. Андреев В.Н. Сезонная и погодная динамика, фитомассы в субарктической тундре.– Новосибирск: Наука, 1978. – 189 с.

3. Готовцев С.П., Находкин Н.А., Барышев Е.В., Копырина Л.И. О причинах подтопления населенных пунктов в бассейне р. Алазеи // Наука и техника в Якутии № 2 (15). – Якутск, 2008. – С. – 23-26.

4. Davydov S.P., Fyodorov-Davydov D.G., Neff J.C, Shiklomanov N.I., Davydova A.I. Changes in Active Layer Thickness and Seasonal Fluxes of Dissolved Organic Carbon as a Possible Baseline for Permafrost Monitoring. Ninth International Conference on Permafrost. Volume 1. Institute of Northern Engineering. University of Alaska Fairbanks. – USA 2008. – P. 333-336.

5. Fyodorov-Davydov D.G., Kholodov A.L., Ostroumov V.E., Kraev G.N., Sorokovikov V.A., Davydov S.P., Merekalova A.A. 2008. Seasonal Thaw of Soils in the North Yakutian Ecosystems. Ninth International Conference on Permafrost. Volume 1. Institute of Northern Engineering. University of Alaska Fairbanks. – USA 2008. – P. – 481-486.

6. Сивцева А.И., Мостахов С.Е., Дмитриева З.М. География Якутской АССР – Якутск: кН. Изд-во, 1984. – 168 с.

7. Григорьев М.Н., Куницкий В.В., Чжан Р.В., Шепелёв В.В. Об изменении геокриологических, ландшафтных и гидрологических условий в арктической зоне Восточной Сибири в связи с потеплением климата. Институт мерзлотоведения СО РАН, – Якутск. 2009. – С. 5-11

8. Национальный атлас почв Российской Федерации. – М.:Астрель: АСТ, 2011 – 632 с.

9. Иванова А.З., Десяткин Р.В. Криоземы бассейна р. Алазея // Наука и образование. – Якутск, 2011.- №2(62). – С. – 70-73.

10. Еловская Л.Г., Петрова Е.И., Тетерина Л.В. Почвы Северной Якутии. Новосибирск: «Наука», 1979. – 73-109 с.

11. Десяткин Р.В., Оконешникова М.В., Десяткин А.Р. Почвы Якутии. – Якутск, 2009. – 61 с.

12. Еловская Л.Г., Коноровский А.К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Издательство «Наука», Сибирское отделение. – Новосибирск, 1978. – 173 с.

13. Криоэкосистемы бассейна реки Алазея / Отв. ред. А.П. Исаев, И.В. Климовский; - Новосибирск: Академическое изд-во: «Гео», 2018. – 211 с. ISNB 978-5-9909584-0-1.

14. Курвантаев Р., Ботиров Ш. А. Общие физические свойства деградированных почв Сырдарьинской области. // Плодородие почв и эффективное применение удобрений: материалы Международной научно-практической конференции. – Минск, 2021. В 2 ч. Ч. 1. – С. – 96 -100.