

БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН, РОССИЯ

УДК 631.436:551.34:551.508:53.087.45

doi: 10.18101/2542-0623-2017-4-26-36

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ АТМОСФЕРНО-ПОЧВЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ЮЖНОЙ ГРАНИЦЫ КРИОЛИТОЗОНЫ

Н. Б. Бадмаев, А. В. Базаров, Б.-М. Н. Гончиков, С.-Х. А. Тон

© **Бадмаев Нимажап Баяржапович**

доктор биологических наук,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6;
Бурятский государственный университет
670000, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24 а
E-mail: nima_b@mail.ru

© **Базаров Александр Владимирович**

кандидат технических наук,
Институт физического материаловедения СО РАН
670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6
E-mail: alebazaro@gmail.com

© **Гончиков Бато-Мунко Николаевич**

кандидат биологических наук,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6
E-mail: batomunk74@mail.ru

© **Тон Санжи-Ханда Аюшеевна**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Бурятский государственный университет
670000, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24 а
E-mail: veronika1999@mail.ru

Атмосферно-почвенный измерительный комплекс (АПИК) позволяет проводить непрерывные долговременные автоматические измерения основных метеорологических параметров атмосферы и почвы с глубины 3,2 м до высоты 10 м. Исследованы температурные режимы контрастных ландшафтов в разных типах распространения многолетней мерзлоты Республики Бурятия. Установлены «зеркальные» закономерности процессов протаивания в мерзлотных почвах Витимского плоскогорья и промерзания в сезоннопромерзающих почвах севера Селенгинского среднегорья и Восточного Прибайкалья. Выявлены количественные различия в скорости процессов промерзания и протаивания, продолжительности дней с активными температурами в зависимости от типов почв и зон распространения типов многолетней мерзлоты.

Ключевые слова: атмосферно-почвенный измерительный комплекс, АПИК, изменение климата, типы мерзлоты, температурный режим почв, контроль, промерзание и протаивание почв.

Познание разнообразия почв и природных комплексов — одна из основных проблем современной науки. Особенно это относится к таким сложно организованным системам, как почва и почвенный покров. Данная проблема обретает еще большую значимость в регионах, где возникают новые связи и соотношения почв со средой, вызванные криогенными процессами. Мерзлотные условия, равно как и литологические и фитоценотические, дальше усложняются при расчлененности рельефа. Именно поэтому на территории Республики Бурятия становится возможным обособление множественной сети экологических ниш с резко контрастными режимами выветривания и почвообразования [Бадмаев, 2008].

Мерзлотные процессы получают наиболее яркое развитие при сплошном распространении многолетней мерзлоты, которая занимает 121,21 тыс. км², или 34,5% всей территории Бурятии [Бадмаев и др., 2011]. В переходной зоне многолетней мерзлоты прерывистого (109,967 тыс. км²) и особенно островного (119,8 тыс. км²) распространения интенсивность мерзлотных процессов существенно ниже.

Обзор литературы по изменению климата и его влияния на мерзлотные процессы в ландшафтах юга Витимского плоскогорья представлен в работах А. Kulikov et al [2009], И. И. Смирновой и др. [2012], N. Vadmaev et al [2013] и N. Vadmaev et al [2015], в которых по трем временным срезам (1909, 1981 и 2008 гг.) установлена неоднозначная реакция мощности слоя сезонного протаивания почв на глобальное потепление. В последних публикациях показано пространственно-временные закономерности изменения глубины протаивания в Укырской депрессии за XX столетие. Максимальное изменение глубины протаивания почв характерно (на 140–170 см) для открытых степных пространств. В гидроморфных днищах осоково-ерниковых болотистых лугов изменения мерзлотно-тепловых условий не фиксируются. В мерзлотно-таежных ландшафтах приводораздельных коренных лиственничников положительный тренд слабо выражен (на 25–30 см).

В настоящей публикации представлены новые данные, которые получены на основе современного атмосферно-почвенного измерительного комплекса (АПИК). Комплекс разработан в Сибирском отделении РАН и используется для контроля пространственно-временной динамики параметров атмосферного и почвенного климата в контрастных ландшафтах на разных типах распространения многолетней мерзлоты Республики Бурятия (рис. 1).

Особенностью комплекса является долговременное автоматическое измерение вертикального профиля температуры и влажности в системе «почва – атмосфера» с глубины 3,2 м до высоты 10 м. Одновременно измеряются климатические параметры в точке измерений: скорость и направление ветра, уровень солнечной радиации, количество жидких осадков и уровень снега, а также проводимость почвенной воды. Данные считываются дистанционно через GSM-модем по сотовому каналу связи [Базаров и др., 2016].

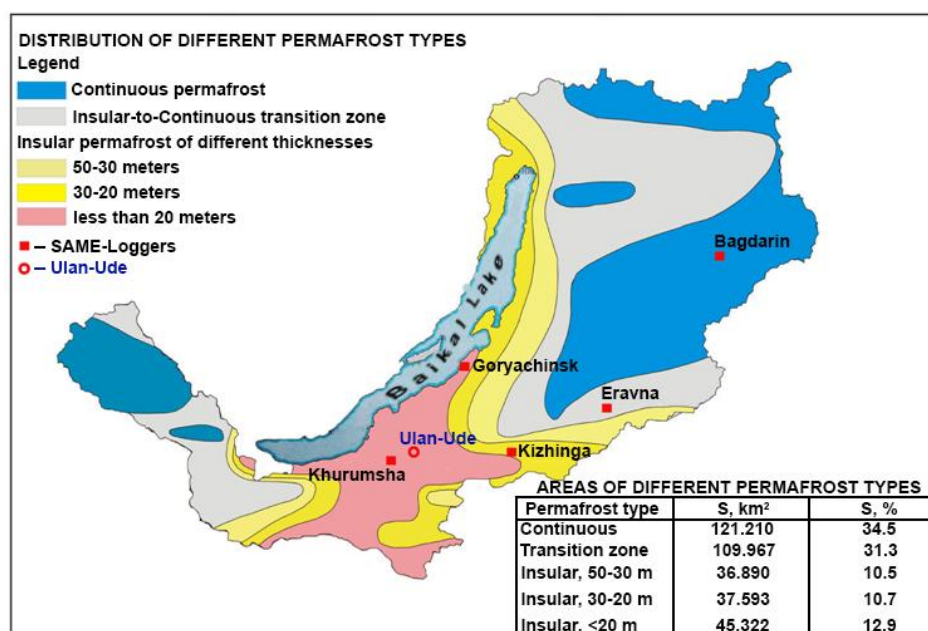


Рис 1. Карта распространения разных типов многолетней мерзлоты [Бадмаев и др., 2011] и схема расположения полигонов АПИК

Почвы, описанные на полигонах, отражают наиболее характерные условия почвообразования на изучаемой территории, контрастные по геокриологическим условиям, характеру растительных сообществ, почвенным свойствам (рис. 2).

Анализ полученных на четырех полигонах данных показывает пространственно-временную изменчивость температуры почв от поверхности до глубины 3,2 м. Температурный режим мерзлотных дерново–криометаморфических и мерзлотных черноземов квазиглеевых Витимского плоскогорья относятся к мерзлотному типу, а черноземов квазиглеевых Кижингинской котловины и подбуров оподзоленных Восточного Прибайкалья — к длительносезоннопромерзающему типу (рис. 3).

Автономная работа системы обеспечивается использованием солнечной батареи и аккумулятора. Необходимо также сказать о скрытых автоматических температурных профиломерах, размещенных в разных типах распространения многолетней мерзлоты без выхода на поверхность; заряд батареи до подзарядки рассчитан на пять лет, чтение данных через USB-интерфейс. Специальное программное обеспечение объединяет все датчики комплекса в единую систему контроля природной среды.

Для сравнения почвенного климата приводятся данные с осени 2014 г., по температуре и процессам промерзания и протаивания почв на ключевых участках, где установлены АПИК и почвенные регистраторы в зависимости от типов распространения многолетней мерзлоты: сплошной — центральная часть Витимского плоскогорья (мерзлотные дерново–криометаморфические почвы, полигон «Багдарин»); прерывистой — юг Витимского плоскогорья (мерзлотные чернозе-

мы квазиглеевые, полигон «Еравна»); островной — север Селенгинского среднегорья (сезонномерзлотные черноземы квазиглеевые, полигон «Кижинга»), Восточного Прибайкалья (сезонномерзлотные подбуры оподзоленные, полигон «Горячинск»). Подробная характеристика АПИК, ландшафтов и почв на разных типах многолетней мерзлоты даны ранее [Базаров и др., 2016; Базаров и др., 2017; Бадмаев и др., 2017; Gonchikov et al., 2017].

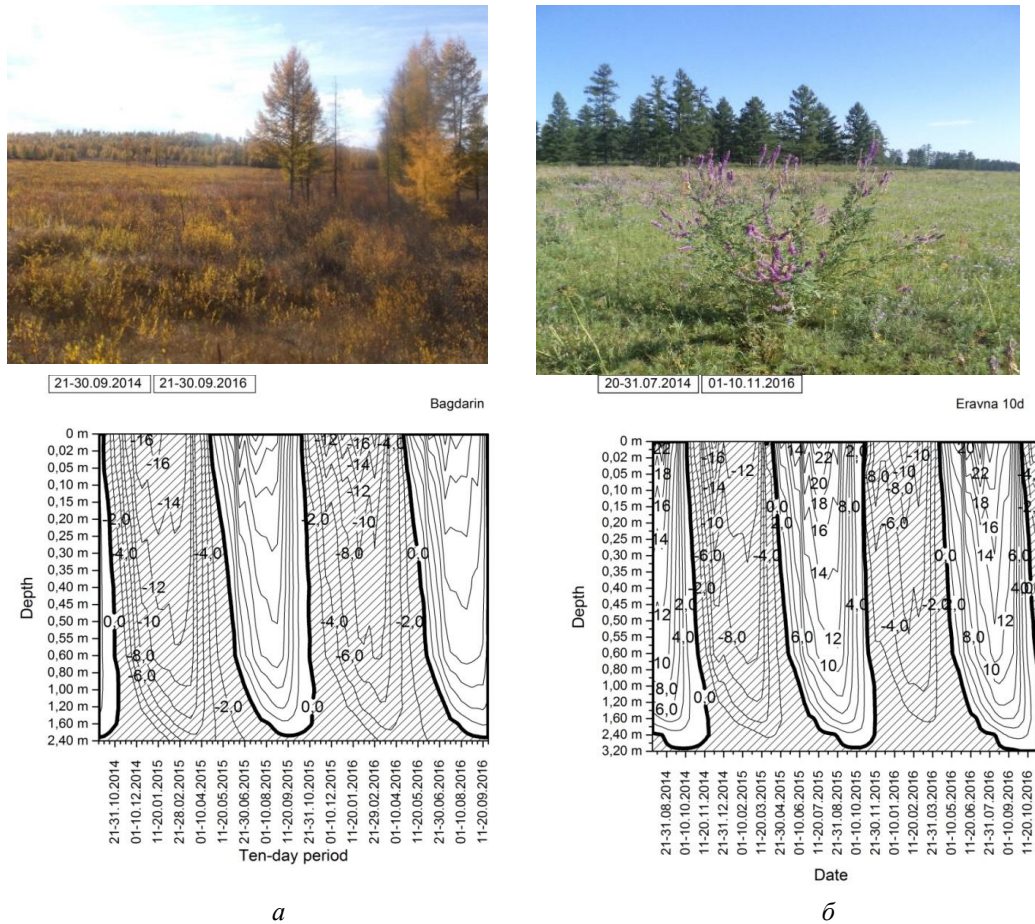




Рис. 2. Температурный и мерзлотный режимы: а — мерзлотных дерново-криометаморфических почв (полигон «Багдарин») и б — мерзлотных черноземов квазиглеевых (стационар «Еравна»),  — мерзлый слой,  — сезонно-талый слой

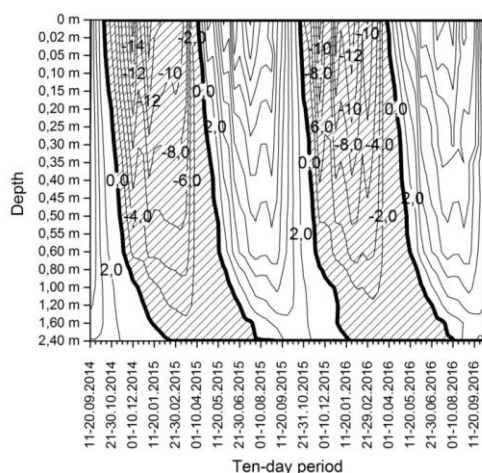
Процесс промерзания мерзлотных дерново-криометаморфических почв центральной части Витимского плоскогорья начинается в конце сентября — начале октября, что на 10–15 и 31 день ранее, чем в почвах полигонов «Еравна», «Кижинга» и «Горячинск» соответственно. В мерзлотных типах промерзание заканчивается слиянием в конце октября и в начале ноября со сплошной мерзлотой на глубине 2,0 м в «Багдарине» и на 2,6 м в «Еравне».



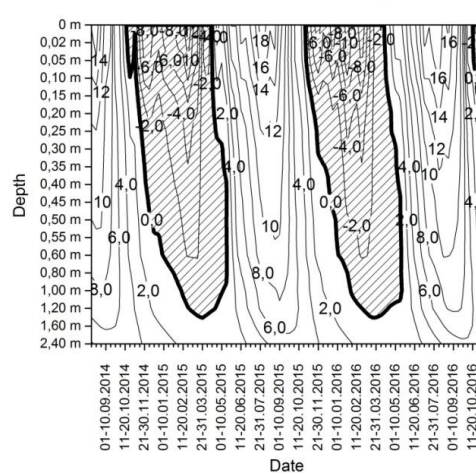
Kizhinga





Goryachinsk 10d



а



б

Рис. 3. Температурный и мерзлотный режимы: а — сезонномерзлотных черноземов квазиглеевых и б — сезонномерзлотных подбуров оподзоленных (стационар «Горячинск»);  — мерзлый слой,  — сезонно-талый слой

Процесс протаивания мерзлотных типов почв начинается с начала апреля — середины мая. Начало промерзания обычно совпадают с первыми заморозками в октябре месяце. Так заканчивается полный цикл промерзания и протаивания мерзлотных дерново-криометаморфических и мерзлотных черноземов квазиглеевых почв Витимского плоскогорья (рис. 2, 4).

Совершенно другой облик температурного режима наблюдается на черноземах квазиглеевых в «Кижинге» и подбурах оподзоленных Восточного Прибайкалья, в сравнении с почвами Витимского плоскогорья. Эти почвы сезонно промерзают только зимой и до глубины более 2,4 м и 1,6 м соответственно. Процесс протаивания почв на полигоне «Кижинга» начинается в начале апреля, что на 12, 13 и 18 дней раньше, чем на почвах полигонов «Горячинск», «Еравна» и «Багдарин» соответственно (рис. 3, 4).

Количество дней на промерзание мерзлотных дерново-криометаморфических почв по всему профилю в «Багдарине» составило в среднем за два года 25 дней со скоростью промерзания 10,7 см/дн, что на 20, 85 и 92

дня короче, чем в «Еравне», «Горячинске» и «Кижинге», где скорость составила 7,1 см/дн, 1,1 см/дн и 2,1 см/дн соответственно (табл. 1).

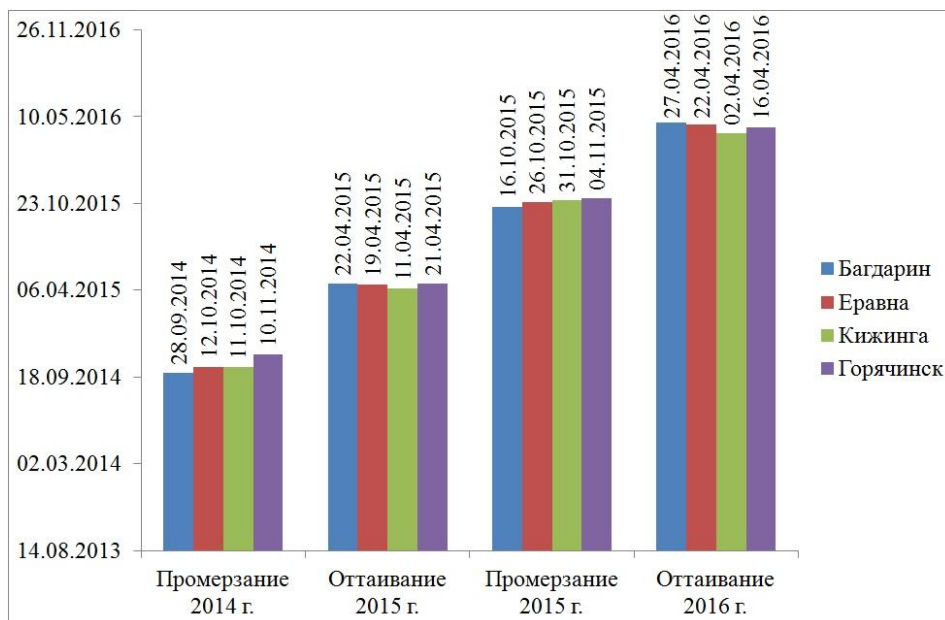


Рис. 4. Даты промерзания и протаивания почв на полигонах АПИК

Протаивание по всему профилю происходит быстрее в подбурх оподзоленных и длится 35 дней со скоростью 2,0 см/дн. Это на 70, 83 и 106 дней меньше, чем на полигонах «Багдарин», «Еравна» и «Кижинга», где скорость протаивания составляет 1,5; 2,0 и 1,7 см/дн соответственно. Длительносезоннопромерзающие типы почв за период наблюдений с 2014 г. по сентябрь 2016 г., в мерзлом состоянии находились только 5,5–6 месяцев, оставаясь в подошве породы большую часть года талыми. В мерзлотных же типах почв картина принципиально другая. Здесь мерзлотные почвы сезонно, 4,5–5 месяцев протаивают только летом, оставаясь в подошве (породах) мерзлыми большую часть годового цикла.

Большой интерес вызывает в изученных почвах проникновение положительных температур и их продолжительность на разных глубинах. Сбор, систематизация и анализ этих данных показывают большую неоднородность температурного и мерзлотного режима почв (табл. 2). Для анализа были взяты данные только за 2015 год — полный календарный год от января по декабрь.

Наибольшие различия выявлены в продолжительности положительных температур больше 0°C на глубине 100 см. Так, в подбурх оподзоленных Восточного Прибайкалья данный показатель составляет 276 дней, что на 85, 147 и 151 день превышает продолжительность температур в почвах полигонов «Кижинга», «Еравна» и «Багдарин» соответственно.

Таблица 1
Продолжительность (дней) и скорость (см) промерзания и протаивания почв

Параметры	Промерзание, 2014 г.	Протаивание, 2015 г.	Промерзание, 2015 г.	Протаивание, 2016 г.
Полигон «Багдарин»				
Начало	28.09.2014	22.04.2015	16.10.2015	27.04.2016
Завершение	31.10.2014	13.08.2015	02.11.2015	02.08.2016
T (дн)	33	113	17	97
V (см/дн)	7,3	1,4	14,1	1,6
Полигон «Еравна»				
Начало	12.10.2014	19.04.2015	26.10.15	22.04.2016
Завершение	26.11.2014	25.08.2015	n/d	09.08.2016
T (дн)	45	128		109
V (см/дн)	7,1	1,9		2,2
Полигон «Кижинга»				
Начало	11.10.2014	11.04.2015	07.10.2015	02.04.2016
Завершение	17.02.2015	09.09.2015	21.01.2016	12.08.2016
T (дн)	129	151	106	132
V (см/дн)	1,9	1,6	2,3	1,8
Полигон «Горячинск»				
Начало	10.11.2014	21.04.2015	04.11.2015	16.04.2016
Завершение	26.02.2015	23.05.2015	25.02.2016	25.05.2016
T (дн)	108	32	113	39
V (см/дн)	1,1	1,9	1,1	2,1

Закономерность проникновения и распределения температуры больше 5°C в этих почвах несколько другая. Различие в поступлении и продолжительности этих температур на глубине 100 см одинаковое в «Кижинге» и «Горячинске» — 109 и 110 дней, а в мерзлотных типах почв намного меньше: в «Багдарине» оно составляет 33, в «Еравне» — 88 дней, с увеличением дней вверх по профилю данных почв.

Принципиально другая картина наблюдается в распределении и продолжительности температур выше 10°C. Здесь уже «доминируют» мерзлотные черноземы карбонатные квазиглеевые, в которых продолжительность дней с температурой больше 10°C составляет 94 дня на глубине 20 см, что на 6, 22 и 27 дней больше чем в «Кижинге», «Багдарине» и «Горячинске» соответственно. Такой парадокс, что мерзлотные почвы на этих глубинах теплее, чем сезонномерзлотные черноземы квазиглеевые почвы и подбуры оподзоленные, можно объяснить континентальным климатом Витимского плоскогорья (жарким летом и холодной зимой). Здесь в мае месяце величина коэффициента увлажнения может достигать до 0,1–0,2, что равняется его величине в полупустыне [Бадмаев, 2008] и поэтому

перенос тепла в почву проходит достаточно активно, по сравнению с «гумидным» климатом Восточного Прибайкалья. Для этих ландшафтов характерно относительно прохладное лето и мягкая зима, связанные с обогревающим влиянием оз. Байкал. Необходимо также отметить, что температура 10°C до глубины 100 см не доходит.

Таблица 2
Продолжительность положительных температур на разных глубинах в почвах на полигонах АПИК (сентябрь 2014 – октябрь 2016 г.)

Дней в году	Багдарин			Еравна			Кижинга			Горячинск		
	t > 0 на глубине, см											
	20	50	100	20	50	100	20	50	100	20	50	100
2014	25	34	40	24	36	55	36	54	86	55	79	102
2015	160	139	125	173	159	129	192	182	191	210	225	276
2016	147	123	98	159	150	121	160	44	9	156	136	161
Всего	332	296	263	356	345	305	388	280	286	421	440	539
Дней в году	t > 5°C на глубине, см											
	20	50	100	20	50	100	20	50	100	20	50	100
2014	1	2	0	3	7	6	7	8	11	12	22	30
2015	104	85	33	138	115	88	134	109	40	136	131	110
2016	116	93	52	136	121	91	132	17	0	121	106	86
Всего	221	180	85	277	243	185	273	134	51	269	259	226
Дней в году	t > 10°C на глубине, см											
	20	50	100	20	50	100	20	50	100	20	50	100
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	72	11	0	94	72	0	88	19	0	67	38	0
2016	80	1	0	107	81	0	95	0	0	83	46	0
Всего	152	12	0	201	153	0	183	19	0	150	84	0

Заключение

АПИК позволяет оперативно (в online-режиме) в течение круглого года, с заданной периодичностью получать информацию о показателях атмосферного и почвенного климата, и составлять базу данных для анализа информации, на основе которых появляется возможность выявления более тонких закономерностей динамики показателей температуры, влажности, осадков и, соответственно, характеристик скорости глубины протаивания и промерзания.

Использование АПИК является инновационной разработкой для оперативной, достоверной и экономной оценки. Получаемая информация необходима для составления различных карт, картосхем с термоизоплетами и других графиче-

ских форм для более оперативного и достоверного анализа данных в связи с глобальными изменениями климата атмосферы и почв.

Установлены «зеркальные» закономерности процессов протаивания в мерзлотных почвах Витимского проскогорья и промерзания в сезоннопромерзающих почвах севера Селенгинского среднегорья и Восточного Прибайкалья. Показано, что промерзание начинается на полигоне «Багдарин» в конце сентября, что на 10–15 дней раньше, чем в «Еравне», «Кижинге», и на 31 день — чем в «Горячинске». Почвы сезонно промерзают зимой в «Кижинге» и «Горячинске» до глубины более 2,4 м и 1,6 м соответственно. Скорость промерзания в 5 раз быстрее в мерзлотных типах почв ($V_{\text{ср.}} = 9$ см/дн), чем в сезоннопромерзающих типах почв ($V_{\text{ср.}} = 1,6$ см/дн).

Выявлено, что протаивание начинается в начале апреля на черноземах квазиглеевых. Процесс протаивания происходит быстрее в подбурях оподзоленных и длится 35 дней со скоростью 2,0 см/дн, что на 70, 83 и 106 дней меньше, чем на почвах полигонов «Багдарин», «Еравна».

Наибольшие различия выявлены в продолжительности температур больше 0°C на глубине 1 м — 276 дней в подбурях оподзоленных, 191, 129 и 125 дней в «Кижинге», «Еравне» и «Багдарине». Продолжительность дней с температурой больше 10°C на глубине 20 см составляет 94 дня в «Еравне», что на 27, 22 и 6 дней больше, чем в «Горячинске», «Багдарине» и «Кижинге» соответственно.

За период наблюдений в сезоннопромерзающих типах почвах отрицательные температуры отмечаются в течение 5,5–6 месяцев, оставаясь в подошве породы большую часть года в талом состоянии. Мерзлотные типы почв сезонно протаивают только летом на 4,5–5 месяцев, оставаясь в подошве (породах) мерзлыми большую часть года.

Литература

Бадмаев Н. Б. Координатный анализ и принципы распознавания. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2008. 206 с.

Бадмаев Н. Б., Ананин А. А., Базаров А. В., Ананина Т. Л., Кураков С. А., Гончиков Б.-М. Н. Интерактивные технологии мониторинга климата особо охраняемых природных территорий на южной границе криолитозоны // Природные резерваты — гарант будущего: материалы XII Всерос. науч.- практ. конф. с международным участием, посвящ. 100-летию заповедной системы России и Баргузинского государственного природного биосферного заповедника, году ООПТ и году экологии (Улан-Удэ, 4–6 сентября 2017 г.). Улан-Удэ, 2017. С. 26–30.

Бадмаев Н. Б., Куликов А. И., Миронов И. А. Мерзлота // Бурятия. Энциклопед. справочник. В 2 т. Т. 1. Улан-Удэ, 2011. С. 54–55.

Базаров А. В., Бадмаев Н. Б., Кураков С. А., Гончиков Б.-М. Н., Цыбенков Ю. Б., Куликов А. И. Измерительный комплекс для автоматического долговременного контроля атмосферных и почвенных климатических параметров // Приборы и техника эксперимента, 2016. № 2. С. 186–201.

Базаров А. В., Бадмаев Н. Б., Гончиков Б.-М. Н., Мангатаев А. Ц. Сезонно-суточные изменения глубины деятельного слоя почвы различных типов мерзлоты // Монгольское плато: материалы XII междунар. науч. конф. «Окружающая среда и устойчивое развитие Монгольского плато и сопредельных территорий» (Улан-Удэ, 3–4 августа 2017 г.). Улан-Удэ, 2017. С. 30–32.

Куликов А. И., Куликов М. А., Смирнова И. И. О глубине протаивания почв при изменениях климата // Вестник БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2009. № 1(14). С. 121–126.

Смирнова И. И., Куликов А. И., Куликов М. А. Термическое состояние деятельного слоя в контексте глобального потепления // Вестник ВСГУТУ. 2012. № 4 (39). С. 227–233.

Badmaev N., Kulikov A., Tsydypov B. Seasonal, Interannual and Centennial Variability of Thawing Depth of Permafrost-Affected Soils in Transbaikalia // 6th International Conference on Cryopedology Frost-affected Soils — Dynamic Soils in the Dynamic World. Krakow, 2013. P. 5.

Badmaev N., Kulikov A., Tsydypov B., Garmaev E. Spatio-Temporal Variability of Thawing Depth of Permafrost Landscapes in the Southern Part of the Vitim Plateau // Materials of Joint Science and Education Conference “Arctic Dialogue in the Global World”. Ulan-Ude, 2015. P. 352–356.

Gonchikov B.-M., Badmaev N., Bazarov A., Mangataev A., Kulikov A., Gyninova A., Tsybenov Y. About Creation of Automatic System Monitoring of Atmospheric and Soil Climate in Western Transbaikalia // Cryosols in Perspective: a View from the Permafrost Heartland: Proceedings of the VII International Conference on Cryopedology (Yakutsk, 2017, August 21–28). Yakutsk, 2017. P. 57–59.

CREATION OF THE AUTOMATIC SOIL AND ATMOSPHERIC CLIMATIC STATIONS NETWORK FOR THE SOUTHERN BORDER CRYOLITHOZONE DYNAMICS MONITORING

N. B. Badmaev, A. V. Bazarov, B.-M. N. Gonchikov, S-Kh. A. Ton

© **Badmaev Nimazhap Bayarzhapovich**

Doctor of biological sciences,
Institute of General and Experimental Biology of SB RAS
6, Sakhyanovoy str., Ulan-Ude, Russia, 670047
E-mail: nima_b@mail.ru

© **Bazarov Aleksandr Vladimirovich**

Candidate of technical sciences,
Institute of Physical Material Science of SB RAS
6, Sakhyanovoy str., Ulan-Ude, Russia, 670047
E-mail: alebazaro@gmail.com

© **Gonchikov Bato-Munko Nikolayevich**

Candidate of biological sciences,
Institute of General and Experimental Biology of SB RAS
6, Sakhyanovoy str., Ulan-Ude, Russia, 670047
E-mail: batomunk74@mail.ru

© **Ton Sanzhi-Khanda Ayusheyevna**

Candidate of agricultural sciences,
Buryat State University
24 a, Smolina str., Ulan-Ude, Russia, 670000
E-mail: veronika1999@mail.ru

The soil and atmospheric measuring equipment (SAME) automatically measures the meteorological parameters of the atmosphere and soil from a depth of 3,2 m to a height of 10 m. The temperature regimes of contrasting landscapes in different types of permafrost distribution in the Republic of Buryatia have been studied. The “mirror” regularities of the thawing processes in the permafrost soils of the Vitim plateau and the freezing in the seasonally frozen soils of the north of the Selenga middle mountain range and the Eastern Baikal region are established. Quantitative differences in the rate of freezing and thawing processes, duration of days with active temperatures, depending on soil types and distribution zones of permafrost types are revealed.

Keywords: soil and atmospheric measuring equipment, SAME, climate change, permafrost types, temperature regime of soils, control, freezing and thawing of soils.

References

- Badmaev N. B. Koordinatnyy analiz i printsipy raspoznavaniya [Coordinate Analysis and Principles of Soil Recognition]. Ulan-Ude: Izd-vo Buryatskogo gosuniversiteta, 2008. 206 s.
- Badmaev N. B., Ananin A. A., Bazarov A. V., Ananina T. L., Kurakov S. A., Gonchikov B.-M. N. Interaktivnye tekhnologii monitoringa klimata osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriy na yuzhnoy granitse kriolitozony [Interactive Technologies for Climate Monitoring of Specially Protected Natural Areas on the Cryolithozone Southern Boundary] // Prirodnye rezervaty — garant budushchego: materialy XII Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashch. 100-letiyu zapovednoy sistemy Rossii i Barguzinskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika, godu OOPT i godu ekologii (Ulan-Ude, 4–6 sentyabrya 2017 g.). Ulan-Ude, 2017. S. 26–30.
- Badmaev N. B., Kulikov A. I., Mironov I. A. Merzlota [Permafrost] // Buryatiya. Entsikloped. Spravochnik. V 2 t. T. 1. Ulan-Ude, 2011. S. 54–55.
- Bazarov A. V., Badmaev N. B., Kurakov S. A., Gonchikov B.-M. N., Tsybenov Yu. B., Kulikov A. I. Izmeritel'nyy kompleks dlya avtomaticheskogo dolgovremennogo kontrolya atmosferykh i pochvennykh klimaticheskikh parametrov [Measuring Equipment for Automatic Long-Term Monitoring of Atmospheric and Soil Climate Parameters] // Pribory i tekhnika eksperimenta, 2016. № 2. S. 186–201.
- Bazarov A. V., Badmaev N. B., Gonchikov B.-M. N., Mangataev A. Ts. Sezonno-sutochnye izmeneniya glubiny deyatelnogo sloya pochvy razlichnykh tipov merzloty [Seasonal and Diurnal Changes in the Soil Active Layer Depth on Different Types of Permafrost] // Mongol'skoe plato: materialy XII mezhdunar. nauch. konf. «Okruzhayushchaya sreda i ustoychivoe razvitie Mongol'skogo plato i sopredel'nykh territoriy» (Ulan-Ude, 3–4 avgusta 2017 g.). Ulan-Ude, 2017. S. 30–32.
- Kulikov A. I., Kulikov M. A., Smirnova I. I. O glubine protaivaniya pochv pri izmeneniyakh klimata [About Ground Thawing Depth under Climate Change] // Vestnik BGSKhA im. V. R. Filippova, 2009. №1(14). S. 121–126.
- Smirnova I. I., Kulikov A. I., Kulikov M. A. Termicheskoe sostoyanie deyatelnogo sloya v kontekste global'nogo potepleniya [Thermal State of the Active Layer in the Global Warming Context] // Vestnik VSGUTU. 2012. № 4 (39). S. 227–233.
- Badmaev N., Kulikov A., Tsydypov B. Seasonal, Interannual and Centennial Variability of Thawing Depth of Permafrost-Affected Soils in Transbaikalia // 6th International Conference on Cryopedology Frost-affected Soils – Dynamic Soils in the Dynamic World. Krakow, 2013. P. 5.
- Badmaev N., Kulikov A., Tsydypov B., Garmaev E. Spatio-Temporal Variability of Thawing Depth of Permafrost Landscapes in the Southern Part of the Vitim Plateau // Materials of Joint Science and Education Conference «Arctic Dialogue in the Global World». Ulan-Ude, 2015. P. 352–356.
- Gonchikov B.-M., Badmaev N., Bazarov A., Mangataev A., Kulikov A., Gyninova A., Tsybenov Y. About Creation of Automatic System Monitoring of Atmospheric and Soil Climate in Western Transbaikalia // Cryosols in Perspective: a View from the Permafrost Heartland: Proceedings of the VII International Conference on Cryopedology (Yakutsk, 2017, August 21–28). Yakutsk, 2017. P. 57–59.