

УДК 551.525

**СКЮТТЕ Наталья Гаррьевна**, научный сотрудник лаборатории комплексного анализа наземной и космической информации для экологических целей Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 14 научных публикаций

**РОМАНИС Татьяна Владимировна**, младший научный сотрудник лаборатории комплексного анализа наземной и космической информации для экологических целей Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 11 научных публикаций

### **ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОЧВ ТЕРМАЛЬНОГО УРОЧИЩА ПЫМВАШОР<sup>1</sup>**

В статье представлены результаты изучения микроклиматических параметров гидротермального урочища Пымвашор в условиях Европейской Субарктики (системы «воздух – гидротермы – почва»). По величине отепляющего воздействия выделены 3 температурные зоны. Показано, что для трансформации экологического режима субарктической экосистемы достаточно воздействие температур от +7,6 до +17,0 °С, ведущее к смене экологических режимов.

**Ключевые слова:** гидротермальная система, Субарктика, Большеземельская тундра, температура, почва, отепляющее воздействие.

**Введение.** Пространственное распределение почв подчинено широтной и вертикальной зональности, а также региональным географическим закономерностям. Температура – основной показатель теплообмена как в почве, так и в системе «приземной слой воздуха – почва – горная порода» [3].

Для высокоширотных регионов в условиях сильного дефицита тепла участки ландшафтов с наличием эндогенного геотермального подогрева приобретают особую роль в формировании биоценотического покрова. Связь с температурой – наиболее емкий критерий при

анализе пространственных трендов арктической биоты [9]. Это обусловлено экстремальным климатом в высоких широтах, когда тепло становится основным лимитирующим фактором при формировании видового состава биоты и сообществ. При этом тепловые условия конкретных территорий зависят как от радиационного режима, так и от ландшафтных особенностей.

Наибольший интерес вызывают гидротермы, расположенные в регионах с холодным или умеренным климатом. Причина повышенного интереса заключается в максимальных

---

<sup>1</sup> Исследования выполнены при поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых МД-4164.2011.5, РФФИ № 10-04-00897, 11-04-98817, УрО РАН № 12-П-5-1014, 12-М-45-2062, федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы», грант «Молодые ученые Поморья» № 03-2012-03а, РФФИ № 12-04-31620\_мол\_а.

контрастах горячих источников с окружающей средой именно в условиях экстремально холодного климата. При этом на северной окраине Европейского субконтинента активные гидротермальные системы практически отсутствуют. Исключение составляют горячие источники Пымвашор на гряде Чернышёва в Полярном Предуралье. В этом ракурсе источники можно рассматривать как уникальный объект для получения количественных данных о структуре и функционировании гидротермальных экосистем в пределах материковой части Европейской Субарктики. Урочище Пымвашор расположено в труднодоступном районе, благодаря этому здесь до сих пор сохранился весь комплекс естественных водных и наземных экосистем. К настоящему времени регулированию здесь подвергся лишь один источник, на котором сооружен бетонный бассейн, редко используемый человеком.

**Характеристика района исследования.** Термальное урочище Пымвашор расположено в Ненецком автономном округе на восточной окраине Большеземельской тундры ( $67^{\circ} 09' \text{ с. ш.}$ ,  $60^{\circ} 51' \text{ в. д.}$ ). Принадлежит к бассейну р. Адзвы – правого притока р. Усы. Восток Большеземельской тундры – территория, прилегающая к западному макросклону Полярного и Приполярного Урала [14]. В геологическом плане район исследований относится к Уральскому краевому прогибу и, в частности, к одной из его наиболее активных складчатых структур – гряде Чернышёва. На юге она примыкает к Полярному Уралу. В гипсометрическом отношении гряда выражена слабо, она представляет собой пологий увал протяженностью до 300 км с абсолютными высотами до 200 м, в целом не превышающий среднюю высоту моренных гряд. В основании гряда Чернышёва сложена складчатыми отложениями палеозоя, преимущественно известняками и песчаниками. Поверхность гряды платообразная [5, 8, 14].

Высокоширотное положение, особенности циклонической деятельности, перенос теплых и холодных воздушных масс, характер подстилающей поверхности тундры и близость

Баренцева моря формируют субарктический климат изучаемого района [1, 2, 6].

Почвообразовательный процесс обусловлен низкими температурами, коротким летом, широким распространением многолетнемерзлых пород, переувлажненностью и развивается по глеево-болотному типу [10]. Все типы тундровых почв, за исключением тундровых поверхностно-глеевых и дерновых, морфологически слабо выражены, маломощные, кислые, слабо гумифицированные. Район исследования относится к Среднеадзвинскому району южной кустарниковой (крупноерниковой) тундры Печорской провинции [5]. Зональная растительность исследуемого района представлена в основном различными вариантами ерниковых и ивняковых тундр.

**Материалы и методы.** Для характеристики температурного режима почв нами принята глубина 0,2 м, т. к. температура почв на этой глубине является средним показателем теплового состояния (температурного поля) корнеобитаемого слоя [3, 8, 10]. Для определения термического режима почв нами были использованы цифровой контактный термометр ТК-5.05 (далее – термометр) с погружаемым усиленным зондом и температурные регистраторы (далее – терморегистраторы).

Определение границ талых участков осуществляли в зимний период. В качестве признака, индицирующего границу участка, была принята температура почвы  $0^{\circ}\text{C}$ .

Выполнено 30 температурных замеров почвенных таликов с помощью термометра в зимний период (ноябрь 2009 года) и 50 замеров в летний период (август 2010 года). Терморегистраторами измеряли температуру почвы (глубина 0,2 м) и воздуха (приземный слой: высота 0,20 м и 2 м от поверхности почвы) на основных изучаемых участках в пределах гидротермального урочища и на фоновом участке, который расположен за пределами урочища Пымвашор, на плакоре тундры. Замеры температуры регистраторами производились через каждые 4 ч в течение года в период с 1 июля 2009 года по 1 августа 2010 года (свыше

2 тыс. измерений на точку, общее количество замеров – свыше 12 тыс.).

Заложены 4 разреза почв (один – на плакоре, три – в зоне действия гидротермали) (рис. 1). Индексация горизонтов проводилась в соответствии с руководством «Индексы и определения почвенных горизонтов» согласно «Классификации и диагностики почв России» (2004) [4]. Геоботаническое описание фитоценозов проводили в соответствии с общепринятыми методами исследований [7]. Рельеф урочища Пымвашор был изучен в ходе аэровизуальных и маршрутных наблюдений.

За фоновые климатические показатели температуры воздуха взяли результаты наблюдений

с ближайшей метеостанции Гидромета России «Хоседа-Хард» (Ненецкий автономный округ, 67°05' с. ш., 59°23' в. д.), расположенной в 70 км [2] от урочища Пымвашор в период с 1 августа 2009 года по 31 июля 2010 года.

**Полученные результаты.** В результате проведенных исследований согласно динамике и соотношению температуры термальных источников и температуры почвы влияние температур источников распространяется на глубину 0,2 м в почве и на приповерхностный слой почвы (0,05 м) в районе выхода источников. Сравнение точек, расположенных в фоновом участке и непосредственно вблизи источника, в течение изучаемого периода с 1 августа 2009 года

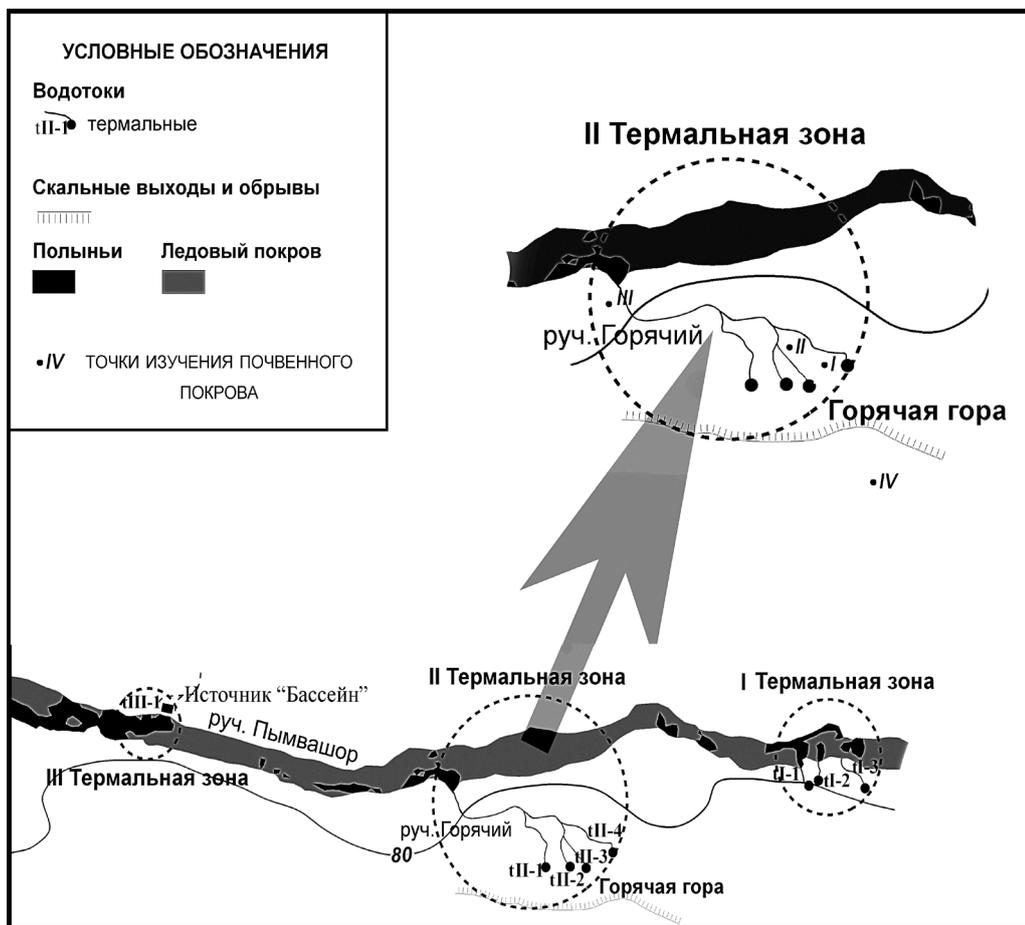


Рис. 1. Схема ландшафтно-гидрологического зонирования термального урочища Пымвашор (по [13, с. 50])

по 31 июля 2010 года (рис. 2) подтверждают воздействие термальных полей на температуру почвы.

В холодный период, а именно в декабре и январе, наблюдается малая разница между температурами почвы фонового участка и почвы термального поля. По нашему мнению, это связано с более медленным формированием снежного покрова в термальной зоне и резким снижением температуры воздуха. Перепад температуры системы «почва–воздух» в летние время ниже, чем в зимнее. Это справедливо как для фонового участка, так и для термальных полей. Согласно температурному режиму [3], исследуемые почвы можно отнести к двум основным группам: почвы фонового участка относят к группе промерзающие к типу длительно сезоннопромерзающие с температурой почвы  $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в самом холодном месяце на глубине 0,2 м; почвы термальных полей – к группе непромерзающие к типу непромерзающие с температурой почвы  $+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в самом холодном месяце на глубине 0,2 м.

Нами была высчитана «величина тепляющего воздействия» [12] – разность между

температурой корнеобитаемого слоя почвы и среднесуточной температурой воздуха в каждый день полевых наблюдений в августе 2010 года. В соответствии с полученными результатами нами выделены 3 зоны.

**Первая (I) зона – прогретая.** Максимальная температура почвы  $+19,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Средняя величина тепляющего воздействия гидротермальной деятельности составляет  $+15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Прогретой зоне соответствует два почвенных разреза.

**Разрез I/3** (высота 88 м над у. м.) заложен в верхней части склона крутизной  $15^{\circ}$ , экспозиция восток-северо-восток. Температура почвы  $+19,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Средняя величина тепляющего воздействия гидротермальной деятельности составляет  $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Растительный покров: мелкозлаково-разнотравный луг.

Строение профиля:

Оао 0-2(3) см. Наблюдается в профиле фрагментарно, представляя собой слабо- и средне-разложившиеся остатки мхов и травянистой растительности, в нижней части перемешана с минеральным горизонтом. Переход резкий, граница волнистая.

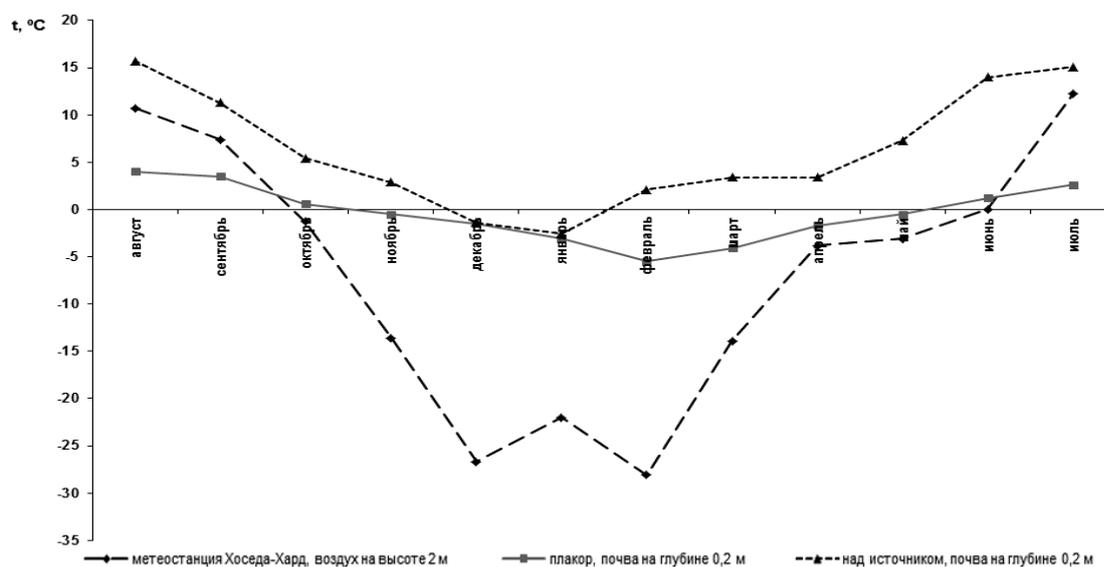


Рис. 2. Динамика температуры компонентов окружающей природной среды термального урочища Пымвашор и метеостанции Хоседа-Хард

AУ 2(3)-21 см. Буровато-серого цвета с черными примазками супесчаный, влажный, бесструктурный или со слабовыраженной творожистой структурой. Густо переплетен корнями (составляют порядка 30 % от площади горизонта). Переход резкий по цвету.

BCg 21-60 см. Неоднородной окраски: на общем буром фоне небольшие серо-сизые пятна. Плотный тяжелый суглинок, влажный, структура слабовыражена. В большом количестве присутствуют тонкие (капиллярного типа, 1-2 мм) корни, составляющие до 10 % от площади горизонта. Единично включения неокатанных обломков пород с размерами 5-10 см. С 60 см – глыбы и щебень пород вперемешку с суглинистым материалом вышележащего горизонта.

Почва: серогумусовая грубогумусированная глееватая.

**Разрез II/4** (высота 84 м над у. м.) заложен в верхней части склона крутизна 15°, экспозиция восток-северо-восток. Температура почвы +17,7 °С. Растительный покров фрагментарный вейниково-осоковое приручьево болото. Профиль слабо дифференцирован, глубина 30 см, развит на скальных породах, и сильно обводнен термальными водами.

Строение профиля:

О 0-1 см. Наблюдается в профиле фрагментарно, представляя собой слабо разложившиеся остатки растительности.

Oh 1-2(3) см. Интенсивно-черного цвета слабо- и среднеразложившаяся нижняя часть подстилочного горизонта, выделяется фрагментарно (под растительностью). Характерен перегнойный материал мажущейся консистенции, перемешанной с мелкоземом. Густо переплетена корнями трав. Переход ясный, граница ровная.

Cg 2(3)-12 см. Неоднородной окраски: на общем серовато-сизом фоне небольшие бурые пятна, плотный тяжелый суглинок, сырой, структура комковато-ореховатая. В большом количестве присутствуют тонкие (капиллярного типа) корни, составляющие 20-30% от площади горизонта. Единично включения не-

окатанных обломков пород с размерами 1-3 см и 5-8 см. Переход в нижележащий горизонт ясный по цвету, граница ровная.

G 12-30 см. Сизой окраски плотная глина, сырая, структура глыбистая. Обломки горных пород размером от 3 до 10 см составляют 30-40 % от объема горизонта, единичные тонкие корни. С 30 см – сплошная плита каменноугольных известняков.

Почва: глеезем перегнойный.

**Вторая (II) зона – слабо прогретая.** Максимальная температура почвы +7,6 °С. Средняя величина отепляющего воздействия гидротермальной деятельности составляет 3,5 °С. Соответствующий зоне **Разрез III/8** заложен в нижней части склона, расположен на территории березового редколесья крупнотравно-можжевелового (высота 78 м над у. м.).

Строение профиля:

О 0-4 см. Слабо разложившиеся остатки мхов, переплетенные корнями, интенсивно-черного цвета, влажные. В нижней части горизонта степень разложения растительных остатков увеличивается.

Оаое 4-10(12). Хорошо разложившаяся часть подстиочно-торфянистого горизонта серовато-черного цвета, влажная, в нижней части перемешана с минеральным горизонтом и представляет собой грубогумусированный материал, в котором присутствуют белесые отмытые зерна кварца, много корней. Переход постепенный, граница волнистая.

ELgh стр. 10(12)-42 см. Легкий суглинок серовато-желтого с «охристыми пятнами» цвета, влажный, плотнее предыдущего, структура плитчатая, встречаются единичные корни, имеются единичные включения обломков горных пород размером 8–10 см. Переход в нижележащий горизонт постепенный. Граница волнистая.

ELg [e-hf] 18(20)-77 см. Неоднородно окрашенный (на сизовато-буром фоне коричневатобурые пятна) средний суглинок, влажный, бесструктурный, имеются единичные корни. Переход в другой горизонт постепенный.

BCg 42-77 см. Неоднородно окрашенный (на сизовато-буром фоне коричневатобурые

пятна) легкий суглинок, влажный, встречаются единичные корни. Переход в другой горизонт постепенный.

G 77-112 см. Сизой окраски тяжелый суглинок с коричнево-бурыми пятнами, сырой, структура не выражена.

> 112 см – глыбы и щебень пород вперемешку с материалом глин.

Почва: подзолистая с микропрофилем подзола.

**Третья (III) зона** характеризуется температурным режимом, соответствующим зональным климатическим условиям. Средняя разность температуры почвы и воздуха составляет 2,5 °С. Соответствующий *разрез* почв IV/2 делала за пределами термального урочища (высота 82 м над у. м.) в ивово-ерниково-лишайниковая тундре на плакоре.

Строение профиля:

T 0-13(15) см. Буровато-черный полуразложившийся торф, преимущественно из остатков мхов, густо пронизанный корнями. Переход резкий.

VHF 13(15)-23(25) см. Серовато-желтого с охристыми потеками цвета, влажный, супесчаный плотноватого сложения горизонт, встречаются редкие корни. Переход постепенный.

BCg 23(25)-44 см. Голубовато-серый плотноватый легкий суглинок, влажный, имеются единичные корни. Структура «зернистая». Переход в другой горизонт постепенный.

Cg 44 – 82 см. Серо-сизый влажный тяжелосуглинистый тяжелый суглинок, структура не выявлена.

Почва: торфяно-подбур иллювиально-гумусовый глееватый.

**Выводы.** Результаты исследований показали снижение отепляющего воздействия на почвы и растительность по мере удаления от выхода термального источника в урочище. По данным исследований выделено 3 температурные зоны вдоль градиента интенсивности термального воздействия. Две из них по величине отепляющего воздействия соответствуют термальным, а третья – зональным климатическим условиям.

На поверхности почв первых двух термальных зон сформировались маломощные (от 1-2 до 6-7 см) органогенные горизонты, сменяющиеся постепенно оглеенными горизонтами. Самостоятельные гумусово-аккумулятивные горизонты в профиле рассматриваемых почв имеют очень малую мощность (1-2 см). Общая мощность почвенного профиля не превышает 60 см. На территории первой зоны серогумусовые грубогумусированные глееватые и глеезем перегнойный. Для I/4 и II/5 разрезов характерен более тяжелый гранулометрический состав и глеевые процессы, что может свидетельствовать об их трансформации в результате отепляющего воздействия, гумидных условий формирования. Почвенный профиль второй зоны слабо затронут гидротермальным процессом.

На территории прогретой зоны преобладают растительные сообщества разнотравных лугов, которые на территории Камчатки являются типичными для отепляющего воздействия слабопрогретой зоны высокотемпературных источников [12]. Сообщество березового редколесья ивово-крупнотравно-можжевельового слабо прогретой зоны, сформированного в низшей точке урочища, помимо термального воздействия, находится в благоприятных ландшафтных условиях. Выгодное положение в низине дает дополнительную защиту в период вегетации от холодных ветров, а зимой – способствует снегонакоплению.

В свою очередь условия, в которых формируются почвы плакора (третья зона) соответствуют зональным климатическим условиям, что отражено в типично тундровом почвенном профиле и типе растительности.

Таким образом, наибольшее влияние на растительность и почвы Субарктики оказывают небольшие локальные отклонения температурных показателей от нормы. В нашем случае это значения от 7,6 до 17,0 °С. Можно предположить, что субарктическая экосистема в данном интервале значений переходит некую условную пороговую «энергию активации», способствующую изменению микроклиматических параметров.

### Список литературы

1. Алисов Б.П. Климат СССР. М., 1956. 126 с.
2. Атлас Архангельской области. М., 1976. 72 с.
3. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М., 1972. 359 с.
4. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск, 2004. 342 с.
5. Коперина В.В. Отчет о геологической съемке верхнего течения р. Адзвы и р. Хайпудыры в 1932 г. // Землеведение. 1933. Т. 35. Вып. 4. С. 314–337.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 1. Архангельская и Вологодская области, Коми АССР. Л., 1989. 483 с.
7. Нешатаев Ю.Н. Методы анализа геоботанических материалов. Л., 1987. 192 с.
8. Почвенно-геологические условия Нечерноземья. М., 1984. 608 с.
9. Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв / отв. ред. В.Н. Кудеяров. М., 2006. 568 с.
10. Русанова Г.В. Полигенез и эволюция почв Субарктического сектора (на примере Большеземельской тундры). СПб., 2010. 166 с.
11. Саввинов Д.Д. Гидротермический режим мерзлотных почв и его регулирование (на примере Якутии): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 1982. 40 с.
12. Самкова Т.Ю. Структура растительности термального поля как отражение пространственной структуры гидротермальных процессов (на примере термальных полей Паужетской гидротермальной системы) // Вестн. КРАУНЦ. Сер.: Науки о земле. 2007. № 2. Вып. № 10. С. 87–101.
13. Функционирование субарктической гидротермальной экосистемы в зимний период / под ред. К.Г. Боголицына, И.Н. Болотова. Екатеринбург, 2011. 203 с.
14. Чернов Ю.И. Экология и биогеография. Избранные работы. М., 2008. 580 с.

### References

1. Alisov B.P. *Klimat SSSR* [Climate in the USSR]. Moscow, 1956. 126 p.
2. *Atlas Arkhangel'skoy oblasti* [Atlas of the Arkhangelsk Region]. Moscow, 1976. 72 p.
3. Dimo V.N. *Teplovoyy rezhim pochv SSSR* [Thermal Conditions of the Soils in the USSR]. Moscow, 1972. 359 p.
4. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and Diagnostics of Soils in Russia]. Smolensk, 2004. 342 p.
5. Koperina V.V. Otchet o geologicheskoy s'emke verkhnego techeniya r. Adz'vy i r. Khaypudyry v 1932 g. [Report on the Geological Survey of the Upper Reach of the Adzva River and the Khaipudyra River in 1932]. *Zemlevedenie*, 1933, vol. 35, iss. 4, pp. 314–337.
6. *Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR. Ser. 3. Mnogoletnie dannye. Ch. 1–6. Vyp. 1. Arkhangel'skaya i Vologodskaya oblasti, Komi ASSR* [Scientific and Applied Handbook on the USSR Climate. Series 3. Long-Term Data. Part 1–6. Iss. 1. The Arkhangelsk and Vologda Regions, Komi ASSR]. Leningrad, 1989. 483 p.
7. Neshataev Yu.N. *Metody analiza geobotanicheskikh materialov* [Methods for Analysis of Geobotanical Materials]. Leningrad, 1987. 192 p.
8. *Pochvenno-geologicheskie usloviya Nechernozem'yam* [Soil and Geological Conditions of Non-Chernozem Areas]. Moscow, 1984. 608 p.
9. *Pochvennye protsessy i prostranstvenno-vremennaya organizatsiya pochv* [Soil Processes and Spatio-Temporal Organization of Soils]. Ed. by Kudeyarov V.N. Moscow, 2006. 568 p.
10. Rusanova G.V. *Poligenez i evolyutsiya pochv Subarkticheskogo sektora (na primere Bol'shezemel'skoy tundry)* [Polygenesis and Evolution of the Soils in the Subarctic Sector (Exemplified by the Bolshezemel'skaya Tundra)]. St. Petersburg, 2010. 166 p.
11. Savvinov D.D. *Gidrotermicheskiy rezhim merzlotnykh pochv i ego regulirovanie (na primere Yakutii)*: avtoref. dis. ... d-ra. biol. nauk [Hydrothermal Regime of Permafrost Soils and Its Regulation (Exemplified by Yakutia): Dr. Biol. Sci. Diss. Abs.]. Novosibirsk, 1982. 40 p.

12. Samkova T.Yu. Struktura rastitel'nosti termal'nogo polya kak otrazhenie prostranstvennoy struktury gidrotermal'nykh protsessov (na primere termal'nykh poley Pauzhetskoy gidrotermal'noy sistemy) [Structure of Vegetation of the Thermal Field as Reflection of Spatial Structure of Hydrothermal Processes (by the Example of Thermal Fields of Pauzhetka Hydrothermal System)]. *Vestn. KRAUNTS. Ser.: Nauki o zemle*, 2007, no. 2, iss. 10, pp. 87–101.

13. *Funktsionirovanie subarkticheskoy gidrotermal'noy ekosistemy v zimniy period* [Functioning of the Subarctic Hydrothermal Ecosystem During Winter]. Ed. by Bogolitsyn K.G., Bolotov I.N. Yekaterinburg, 2011. 203 p.

14. Chernov Yu.I. *Ekologiya i biogeografiya. Izbrannye raboty* [Ecology and Biogeography. Selected Works]. Moscow, 2008. 580 p.

***Skyutte Natalya Garryevna***

Institute of Ecological Problems of the North,  
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

***Romanis Tatyana Vladimirovna***

Institute of Ecological Problems of the North,  
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

#### **THERMAL REGIME OF THE SOILS OF PYMVASHOR NATURAL AREA**

The article studied microclimatic parameters of the “air – thermal spring – soil” system (Pymvashor natural area, Bolshezemelskaya tundra). In terms of heating effect, there were singled out three temperature zones. We showed that the ecological regime of the sub-Arctic ecosystem changes at temperatures ranging from +7.6 to +17.0 °C.

**Keywords:** *hydrothermal ecosystem, sub-Arctic region, Bolshezemelskaya tundra, temperature, soil, heating effect.*

*Контактная информация:*

Скютте Наталья Гаррьевна

*адрес:* 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23;

*e-mail:* malachka@yandex.ru

Романис Татьяна Владимировна

*адрес:* 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23;

*e-mail:* romanistttka@gmail.com

Рецензент – *Феклистов П.А.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и защиты леса лесотехнического института Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова