2. *Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части европейской России. Т.1. М.: КМК, 2003. 608 С.*
3. *Тимошок Е.Е., Нарожный Ю.К., Диркс М.Н., Скороходов С.Н., Березов А.А. Динамика ледников и формирование растительности на молодых моренах Центрального Алтая. Томск: Изд-во НТЛ, 2008. 208 с.*
4. *Тимошок Е.Е., Тимошок Е.Н., Гуреева И.И., Скороходов С.Н. Первичные сукцессии растительности на молодых моренах в Северо-Чуйском центре оледенения (Центральный Алтай) // Сибирский экологический журнал, 2020. Т. 27, № 1. С. 46–61.*
5. *Birks H.J.B. The present flora and vegetation of the moraines of the Klutlan glacier, Yukon territory, Canada: A study in plant succession // Quaternary Research, 1980. № 14. P. 60–86.*
6. *Chernova N.A., Belova M.N., Timoshok E.E., Timoshok E.N., Skorokhodov S.N. Check-list of mosses on the Maly Aktru glacier foreland (Russian Altai Mountains) // International Journal of Environmental Studies, 2021. 78:6. P. 1037–1043.*
7. *Lüdi W. Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des Grossen Aletschgletschers, mit einem Vergleich der Besiedlung im Vorfeld des Rhonegletschers und des Oberen Grindelwaldgletschers. In: Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich für das Jahr. 1944. 1945. P. 35–112.*
8. *Narozhniy Yu., Zemtsov V. Current State of the Altai Glaciers (Russia) and Trends Over the Period of Instrumental Observations 1952–2008 // AMBIO, 2011. N 40. P. 575–588.*
9. *Persson A. The vegetation at the margin of the receding glacier Skaftafellsjökull, Southeastern Iceland // Botaniska Notiser, 1964. № 117(4). P. 323–354.*
10. *Volkova, I.I., Chernova, N.A., Muldiyarov, E.Y. A check-list of Bryophytes in mire habitats found within the Altai-Sayan Mountains (Southern Siberia). In: O.S. Pokrovsky et al. (Ed.) Mosses. Ecology, life cycle and significance, 2018. P. 153–174.*
11. *Zollitsch B. Die Vegetationsentwicklung im Pasterzenvorfeld // Wissenschaftluche Alpenvereinshefte, 1969. № 21. P. 267–290.*

Ecological peculiarities of *Cypripedium guttatum* Sw. in the Southern Evenkia («Tungusskiy» reserve)

Raiskaya Yu.G., Timoshok E.N.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia
E-mail: raiskaya.julia@mail.ru

Cypripedium guttatum Sw. is a species of the orchids, which had a wide range (East Europe. Asia, North America) but this species are rare overall. Human impact on nature affects number of existing populations, so studies on ecology of the species have meaning in sense of conservation of this orchid. We studied how this species fit to the conditions of Evenkia - cold region of the globe with long cold winter (about 225 days) and short and hot summer.

Studies covered 39 model coenopopulations located in 12 sampling areas. We have fetched out the species occurs in larch-fir, larch, fir, pine and pine-larch forests with grass - dwarf shrubs -moss and dwarf shrub - moss - lichen types of land cover. Population density varies from 0,1 to 46,1 (mean 12.2) individuals per sq.m.

Analysis of standard ecological scales of I, Tsatsenkin made by the E. Prokopiev method allowed us to fetch out the tolerancy ranges of *Cypripedium guttatum* are 15 steps (58 to 73) by humidity scale and 5 steps (6 to 11) by active soil richness scale. Range of ecological factors intensity was studied by the method of phytoindication of Ramensky-Tsatsenkin. All habitats of where *Cypripedium guttatum* was present lied in range of 63,1 to 68 by humidity scale and 7,9 to 9,4, Maximal abundance of the species (about 5%) was reached in habitats with hunitiy of 63-66 steps and active soil richness of 8-9 scales.

Our studies allowed to understand the area of the reserve is optima for the *Cypripedium guttatum* l by the factors of humidity and soil reachness. Populations here are stable and plants are capable to reproduction. It make the reserve a key element of the species stability in conditions of global climate changes and could serve as a point of future dispersion of *Cypripedium guttatum* seeds in case if surrounding populations will be lost because of natural or human-caused impacts.

Экологические особенности Cypripedium guttatum Sw. в Южной Эвенкии (Заповедник «Тунгусский»)

Райская Ю.Г., Тимошок Е.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
E-mail: raiskaya.julia@mail.ru

Cypripedium guttatum Sw. – венерин башмачок капельный (Сем. Orchidaceae) является редким видом сосудистых растений. Из-за сокращения площадей местообитаний этого вида из-за вырубок леса во многих регионах России, его численность быстро сокращается; иногда целые популяции этого вида оказываются под угрозой исчезновения (Горчаковский, Игошева, 2003; и др.). *Cypripedium guttatum* включен в Красную книгу Красноярского края (2012) со статусом 3 (R), редкий вид. Этот вид распространен в Северном полушарии: вид встречается в восточной Европе, Азии и Северной Америке. Исследования проводились с 2006 по 2019 гг. на территории заповедника «Тунгусский». Его территория расположена в юго-восточной части одной из самых малонаселённых частей Российской Федерации – Эвенкийском муниципальном районе Красноярского края, в междуречье наиболее крупных рек юга Эвенкии – Подкаменной Тунгуски и Чуни. Международным Союзом Охраны Природы и Природных Ресурсов (МСОП) территория заповедника включена в категорию Ia (строгий природный резерват), как участок земной поверхности с нетронутой природой, нуждающейся в полной охране. В заповеднике осуществляется абсолютно заповедный режим, при котором исключается любая хозяйственная и рекреационная деятельность и любые другие вмешательства в ход природных процессов (Тимошок и др., 2016).

Для данной территории характерен резко континентальный климат с длинной холодной (около 225 дней с отрицательной температурой) зимой и коротким жарким летом с периодом засухи. Среднегодовая температура воздуха на территории заповедника составляет –5,09° С. Вегетационный период длится 110–120 дней. В течение года на территории заповедника выпадает в среднем 422 мм осадков, 40% от количества которых приходится на летние месяцы. Наименьшее количество осадков приходятся на февраль и март (Васильев и др., 2003; Сопин, 2008).

Исследования сосудистых растений, в особенности редких и исчезающих видов на границах их ареалов представляют особый интерес. И.Г. Серебряков (1962) указывал, что пограничные популяции растений существуют на пределе своих биологических возможностей, и, как следствие, их исчезновение может привести к сокращению ареала вида, что, в свою очередь, может стать опасным, в случае если популяции в центральной части ареала будут угнетены или подавлены, например, в результате действия антропогенных факторов. При этом сокращение популяций видов на границах ареалов может идти с большей скоростью, потому что на границах ареалов в наибольшей степени проявляется влияние лимитирующих факторов. (Юрцев, 1991).

Исследование экологических особенностей местообитаний *Cypripedium guttatum* было проведено методом фитоиндикации с использованием стандартных экологических шкал И.А. Цаценкина (1978) с применением метода установления экологической амплитуды Е.П. Прокопьева (1993).

Было изучено 39 ценопопуляций (ЦП) *Cypripedium guttatum* на восьми ключевых участках (Таб. 1), где были заложены 9 постоянных и 3 временных пробных площадей (10×10 м). Изучение структуры ценопопуляций *Cypripedium guttatum* проводилась с учетом требований изложенных в действующем руководстве “Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР” (1986). При выявлении онтогенетической структуры ценопопуляций в качестве счетной единицы принимался парциальный побег.

Таблица 1.

Местонахождение ключевого участка	Ключевые участки	Расстояние от с. Ванавара	Координаты
Южная часть заповедника	«Устье Чамбы»	30 км вниз по течению р. П. Тунгуска	60º23′13″ с. ш., 101º58′17″ в. д.
	«Белая Гора»	40 км вниз по течению р. П. Тунгуска	60º21′06″ с. ш., 101º50′10″ в. д.
	«Малин кордон»	47 км вниз по течению р. П. Тунгуска	60º23′12″ с. ш., 101º50′30″ в. д.
Восточная часть заповедника	«Баркулиха»	18 км на запад от села	60º23′54″ с. ш., 101º58′02″ в. д.
Центральная часть заповедника	«Укагиткон»	55 км на север от села	60º49′47″ с. ш. 101º15′23″ в. д.

Центральная часть заповедника	«Кордон Пристань»	61 км на северо-северо-запад от села	60º51′17″ с. ш. 101º52′53″ в. д.
	«Чургим»	63 км на северо-северо-запад от села	60º52′17″ с. ш., 101º52′58″ в. д.
	«Хребет Сильгами»	66 км на северо-запад от села	60º55′22″ с. ш., 102º08′53″ в. д.
Западная часть заповедника	«Пеюнгда»	45 км на северо-запад от села	60º37′36″ с. ш., 101º39′13″ в. д.

На территории заповедника изучаемый вид встречается в таких растительных сообществах как: лиственнично-сосновые, лиственничные, сосновые и сосново-лиственничные леса, реже в лиственнично-еловых и елово-лиственничных лесах с разнотравно-кустарничково-зеленомошным, кустарничково-зеленомошно-лишайниковым напочвенным покровом. Для этих лесов характерны невысокая сомкнутость крон (0,1–0,3, реже 0,4–0,6); проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса варьирует от 15 до 70%, но чаще составляет 50–60%, проективное покрытие мохово-лишайникового яруса варьирует от 10 до 90%, обычно – около 50%. Видовое богатство в исследованных ЦП составляет от 16 до 44 видов.

Изучение плотности популяций *Cypripedium guttatum* показало, что она довольно велика по сравнению с остальными видами рода *Cypripedium* на территории заповедника. В среднем она составляла 12,2 побегов/м2 и изменялась в интервале 0,1–46,1 парциальных побега/1м^2.

Анализ стандартных экологических шкал И.А. Цаценкина (1978) для изучаемого вида, проведенный по методу Е.П. Прокопьева (1993) показал, что он имеет низкую экологическую пластичность относительно таких факторов как увлажнение и активное богатство почвы: диапазон толерантности по фактору увлажнения составляет 15 ступеней (с 58 по 73-ю), а по активному богатству почвы – 5 ступеней (с 6 по 11-ю). Изучение увлажнения и активного богатства почв местообитаний этого вида показало, что увлажнение местообитаний *Cypripedium guttatum* на территории заповедника «Тунгусский» варьирует в пределах 6 ступеней (с 63,1 по 68), а активное богатство почвы – 3 ступеней (с 7,9 по 9,4). Значения обоих показателей близки к расчетным точкам оптимума для этого вида (67 ступень по увлажнению и 9 ступень по активному богатству почвы); большинство обследованных популяций находятся на 65 ступени по активному богатству почвы и 8 ступени по активному богатству почвы - т.е. имеют показатели близкие к оптимальным по исследованым факторам сред (рис. 1). Максимальное обилие этого вида достигается на пробных площадях с увлажнением 63-66 ступеней и активным богатством 8-9 ступеней.

Достаточно высокие плотности популяций и то, что условия на территории заповедника близки к оптимальным для этого вида, по факторам увлажнения и активного богатства почвы, говорит о том, что популяции на территории заповедника устойчивы, способны к самоподдержанию, а так же о том, что территория заповедника имеет особую ценность для охраны этого вида, т.к. может служить центром его возобновления в случае его утраты на сопредельных территориях в случае природных и антропогенных нарушений.

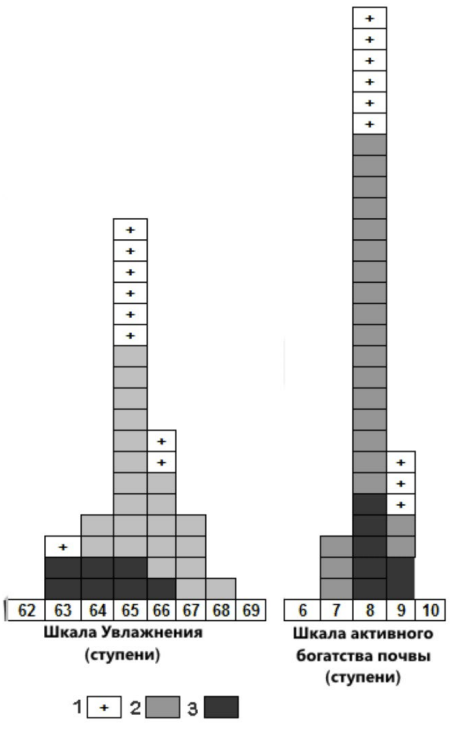


Рис. 1.
Экологические кривые обилия *Cypripedium guttatum* на территории заповедника "Тунгусский". На рисунке цифрами особбозначены: 1: вид представлен с обилием менее 1%, 2: обилии вида 1-3%; 3: обилие вида 4-5%.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Васильев Н.В., Львов Ю.А., Плеханов Г.Ф. и др. Государственный природный заповедник «Тунгусский» (очерк основных данных) // Тунгусский заповедник. Биоценозы северной тайги и влияние на них экстремальных природных факторов. Труды ГПЗ «Тунгусский». Вып. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. С. 33–89.*
2. *Горчаковский П.Л., Игошева Н.И. Мониторинг популяций орхидных в уникальном месте их скопления на среднем Урале // Экология, 2003. №6. С. 403–409.*
3. *Красная книга Красноярского края. Растения и грибы. Красноярск. 2012. 597 с.*
4. *Прокопьев Е.П. Использование метода стандартных экологических шкал в ландшафтной экологии. Томск: Изд-во Томского государственного университета, 1993. 29 с.*

5. *Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высш. шк., 1962. 378 с.*
6. *Сопин В.Ю. К метеорологической характеристике территории заповедника «Тунгусский» // Труды ГПЗ «Тунгусский». Томск: Изд-во НТЛ, 2008. Вып. 2. Томск. С. 7–18.*
7. *Тимошок Е.Е., Райская Ю.Г., Скороходов С.Н., Сопин В.Ю. Редкие и исчезающие виды орхидных в лесных сообществах государственного природного заповедника «Тунгусский» (Южная Эвенкия) — Сибирский лесной журнал, 2016. №1. С. 13–26.*
8. *Цаценкин И.А., Савченко И.В., Дмитриева С.И. Методические указания по экологической оценке кормовых угодий тундровой и лесной зон Сибири и Дальнего Востока по растительному покрову. – М., 1978. –301 с.*
9. *Юрцев Б.А., Камелин Р.В. Основные понятия и термины флористики. Пермь, 1991. 80 с.*

Response of Boreal conifers on recent climatic changes inferred from oxygen and hydrogen stable isotopes in tree rings

Taynik A.V.[1], Zharkov M.S.[1], Fonti M.V.[1,3], Trushkina T.V.[2], Barinov V.V.[1], Bondarev, A.I.[3], Kirdyanov A.V.[1,3], Arzac A.[1], Saurer M.[4], Churakova (Sidorova) O.V.[1,4]

[1]Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
[2]Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia
[3]V.N. Sukachev Institute of Forest, Krasnoyarsk, Russia
[4]Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, Birmensdorf, Switzerland
E-mail: tainik_anna@mail.ru

Significant air temperature and precipitation changes have occurred since the 2000s in vulnerable Siberian subarctic regions and urged updates of available chronologies towards the third millennium to better understand recent climatic changes compared to the past decades, centuries and even millennia.

In this study, we present the first annually resolved stable oxygen ($\delta^{18}O$) and hydrogen ($\delta^{2}H$) isotope time series in tree-ring cellulose obtained from larch trees (Larix cajanderi Mayr. and Larix gmelinii Rupr. Rupr.) from Yakutia (YAK) and eastern Taimyr (TAY) for the period from 1900 to 2020. We found that $\delta^{2}H$ of larch tree-ring cellulose was linked significantly with $\delta^{18}O$ for the YAK site. Significant correlations were found between tree-ring $\delta^{18}O$ and summer air temperatures and evaporation. Simulated by the Land surface Processes and eXchanges (LPX-Bern 1.0) model, the water fraction per year for soil depths at 0-10 cm and 20-30 cm significantly linked with tree-ring $\delta^{2}H$ data ($r = 0.58$, $p = 0.000$ and $r= 0.46$; $p = 0.000$), respectively. Our results suggest increasing evapotranspiration and trees' water relation response to rising thaw water uptake from lower (20-30) cm soil depth. A positive effect of summer air temperature on tree-ring $\delta^{18}O$ and a negative impact of precipitation during July were found, which is the warmest summer month in Siberia, indicating on increasing dry conditions.

This research was funded by the Russian Science Foundation (RSF) grant number 21-17-00006 «Hydrogen isotopes and deuterium excess (d-excess) in conifer tree-ring cellulose as indicator of extreme eco-hydrological changes in boreal forests (ECO-HYDROTREE)».