

**Якутская лесная научная станция «Спасская падь» —
форпост международных исследований климата и кузница молодых
ученых**



*Лесная научная станция «Спасская падь» — одна из старейших
лесных научных станций России*

В Якутии самой природой созданы идеальные условия для проведения междисциплинарных научных исследований по решению фундаментальных вопросов, раскрывающих полную картину состояния природной среды, осуществления прогноза, смягчения возможных направлений и последствий глобальных изменений климата.

Климат Якутии

Для жителей Якутии привычна огромная разница между зимними и летними температурами. Весной, в апреле-мае, здесь быстро тает снег и буквально на глазах вырастают первые цветы — подснежники, деревья и кустарники моментально покрываются листьями, а земля травой. Осенью, в конце августа – начале сентября, стремительно желтеет листва и хвоя в лиственничных лесах, пронизывающий ветер срывает последние листки, и уже в октябре выпадает снег, который не тает до самой весны. Зимой в

республике экстремально холодно, температура воздуха в декабре-январе опускается от -50 до -65 градусов по Цельсию, а в северной части региона более двух месяцев длится полярная ночь, когда солнце вообще не поднимается из-за горизонта. Летом же наоборот жители республики изнывают от жары, летние температуры достигают здесь +35 градусов в тени, стоят белые ночи, причем в северных районах солнце и вовсе не садится — там более двух месяцев наблюдается полярный день.

Из-за большого перепада температур, на территории Республики Саха (Якутия) в осенне-зимний период происходит пучение почв, а в теплые месяцы — просадка грунта. Любое строительство в зоне многолетней мерзлоты (в последние годы ученые уходят от термина «вечная мерзлота»), требует тщательного проектирования фундамента и обходится намного дороже такого же строительства в других климатических зонах — многоэтажные дома строятся здесь на железобетонных сваях, наружные стены требуют качественного утепления.

Как показывают научные исследования, бурное индустриальное развитие стран и связанное с этим активное сжигание ископаемого топлива — нефти, газа и угля приводит к увеличению концентрации парниковых газов в атмосфере Земли. Основными парниковыми газами Земли являются водяной пар, углекислый газ, метан, озон и оксид азота.

Изменения климата ощущается по всей планете: одни страны страдают от аномальной жары, другие от слишком суровых и снежных зим, непривычных для этих мест.

Экологи говорят о глобальном изменении климата, включающем увеличение средней годовой температуры, вызывающей таяние ледников, и повышение уровня Мирового океана. Помимо потепления, происходит также разбалансировка всех природных систем, что приводит к изменению режима выпадения осадков, температурным аномалиям и увеличению частоты таких экстремальных явлений, как ураганы, наводнения и засухи.

История создания научной станции

Недалеко от столицы Республики Саха, в 25 км севернее города Якутска еще в 1952 году Институтом леса и древесины Академии наук СССР (г. Красноярск) была создана Лесная научная станция «Спасская Падь». А через

40 лет, в 1992 году, Распоряжением Президиума Сибирского отделения Российской академии наук «Спасская падь» была передана на баланс Института биологических проблем криолитозоны СО РАН (г. Якутск).

В 1990-е годы экономика Российской Федерации из-за развала Советского Союза и последовавших глобальных реформ переживала нелегкие времена. Пострадала в эти годы и научная сфера: сокращался штат сотрудников, закрывались целые научные институты, но в этих непростых условиях ученым Якутии удалось не только сохранить, но и оснастить «Спасскую падь» современным оборудованием.

Оснащение научной станции

В настоящее время на территории научной станции расположены три алюминиевые ирландские микрометеорологические вышки с полным доступом на все уровни. Первая вышка высотой 24 метра находится в сосновом лесу, вторая вышка высотой 34 метра — в лиственничном, а третья 16-метровая вышка расположена в березовом лесу. Все вышки оборудованы электроснабжением на 220 и 360 Вольт.



Совершение измерений и обслуживание научных систем на 34-метровой микрометеорологической вышке. Фото by New Yorker

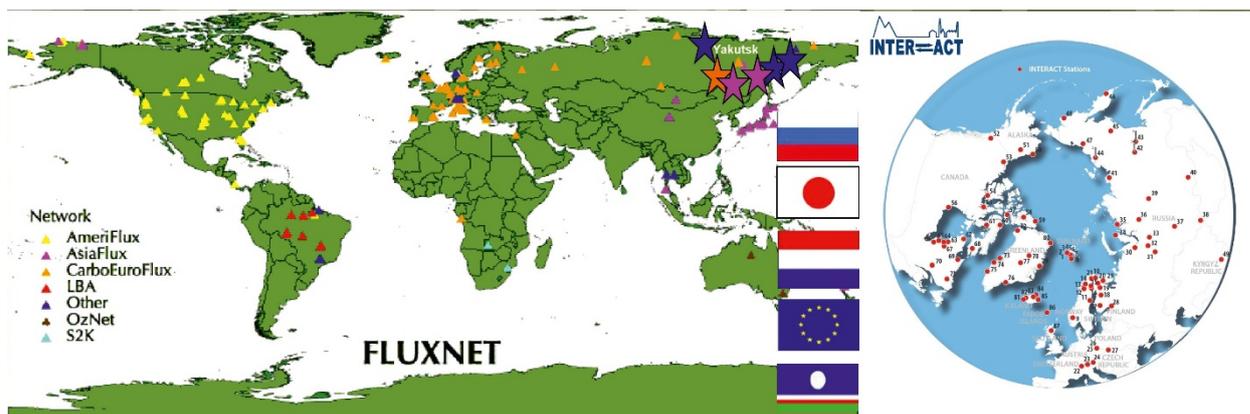
Также на территории научной станции имеется три экофизиологические 20-метровые вышки для доступа к кроне деревьев, два неотапливаемых помещения для размещения приборов в лиственничном лесу, одно помещение в сосновом лесу, имеются и термостатируемые боксы.

В «Спасской пади» научные исследования проводят не только российские, но и иностранные ученые из 18 стран, которые занимаются мониторингом потоков углерода, воды и тепла в приграничном слое атмосферы; проводят биогеохимические исследования бореальных лесов и микрометеорологические исследования.



Исследование выбросов парниковых газов мерзлотными экосистемами Якутии

Площадь исследуемой территории впечатляет и составляет более 342 гектаров. Помимо различных сверхточных научных приборов станция оснащена жильем для круглогодичного проживания, оборудованной лабораторией, оргтехникой, радиотелефоном, имеется телевидение и доступ в Интернет.



Глобальная и панарктическая сети научных станций по изучению изменения климата, включая шесть научных станций на Северо-Востоке России

Об исследованиях, проводимых на научной станции

О том, какие исследования проводятся на станции «Спасская падь» рассказывает её руководитель, ученый с мировым именем (индекс Хирша 32), заместитель генерального директора Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения РАН» по науке и международным проектам, главный научный сотрудник ИБК СО РАН, доктор биологических наук, профессор Университета Хоккайдо Трофим Христофорович Максимов.



Трофим Максимов во время исследования эмиссии углекислого газа в лиственничном лесу

— *Трофим Христофорович, расскажите, пожалуйста, как Вам удалось сохранить «Спасскую падь» в сложные 90-е годы?*

— Да, действительно, научная станция перешла в наше ведение в 90-е годы, когда российская наука переживала трудные времена. Многие талантливые и одаренные ученые ушли в «бизнес» и «небытие» из-за разочарований в российской науке. Мне же, как специалисту по физиологии растений, занимающимся процессом фотосинтеза сильно повезло. После защиты кандидатской диссертации по фотосинтезу ячменя под руководством выдающегося ученого, известного специалиста по фотосинтезу и продукционному процессу растений, академика АН СССР Адольфа Трофимовича Мокроносова, окрыленному новыми научными идеями и гипотезами было предложено продолжить свои изыскания и доказать свои научные идеи на диких растениях.

Мне сильно импонировали исследования по фотосинтезу растений вдоль широтного градиента «юг – север» на огромной территории Якутии. В придачу, с эпохой перестройки открылись внешние границы и японские ученые, обеспокоенные проблемой потепления климата, устремились в Якутию для изучения влияния климатических изменений на атмосферу, биосферу и криосферу сибирских регионов.

Якутия оказалась благодатной природной лабораторией, и одним из основных наших совместных исследований стало мое направление исследований — циклы углерода и азота в изменяющемся климате. Мы проводили полевые и лабораторные экофизиологические, биохимические, почвенные, ботанические, зоологические и климатические исследования на всей территории Якутии, неся большие финансовые и логистические затраты. Поэтому после пяти лет полевых исследований нами было принято решение об организации мониторинговой научной станции. Всему этому поспособствовала ратификация Киотского Протокола 1995 года по сокращению выбросов парниковых газов — углекислого газа и метана — в атмосферу. По нашей рекомендации, после ряда дискуссий, в качестве такой мониторинговой научной станции была выбрана лесная научная станция «Спасская падь» Института биологических проблем криолитозоны, расположенная рядом с Якутском. В мониторинговых исследованиях участвовали не только японские ученые, но и российские ученые из Института географии РАН, Института мерзлотоведения СО РАН и других

российских институтов. С этого времени, на лесной станции «Спасская падь» начали претворяться в нашу российскую науку прорывные междисциплинарные исследования по изучению изменений климата, а направления исследований, проводимых на научной станции, приобрели новый международный уровень не крупного научного Института. К тому же, сеть научных станций стала развиваться, в том числе, за счет европейских научных грантов. Для этого нужно было очень активно участвовать и выступать на различных международных и межправительственных научных мероприятиях — завораживать и привлекать своими научными идеями и гипотезами иностранных ученых.



Доктор Максимов с лауреатом Нобелевской премии по физике, японско-американским климатологом, профессором Сюкуро Манабэ

— ***Чем научная станция привлекательна для иностранных ученых?***

— Наша научная станция привлекательна для иностранных ученых по многим причинам. Прежде всего, это обширные репрезентативные мерзлотные экосистемы, которые очень сильно подвержены деградации в связи с потеплением климата и то, что эти экосистемы сильно влияют на весь глобальный климат планеты. Якутия, как значительная часть Севера, играет важную роль в климатической системе Земли и является свободным резервом биосферы в пределах Единого циркумполярного экологического пространства. При глобальном изменении климата именно в этом регионе рост температуры наибольший и ответное воздействие криосферы на атмосферу более значительное, чем где-либо. Здесь представлены все основные биотические и абиотические компоненты Севера, подверженные

влиянию изменения климата: Северный Ледовитый океан, многолетняя мерзлота, северная граница лесов, северные виды и популяции растений и животных.

Кроме того, Якутия с ее обширными таежными, горно-лесными и тундровыми экосистемами представляет собой громадный резервуар органического материала, накопленного в течение столетий, а повсеместно распространенная, близко залегающая к поверхности земли, высокольдистая мерзлота является консервантом парниковых газов прошлых эпох, аккумулярованных тысячелетиями. По нашим подсчетам, запасы связанного углерода в почвах лесных и тундровых экосистем Якутии составляют 1/4 часть общего запаса углерода в почвах лесорастительных регионов России. Повышение средней годовой температуры воздуха в области развития криолитозоны, беспрецедентная деградация многолетней мерзлоты, в том числе из-за землепользования и лесных пожаров, вызывает активизацию биогеохимических процессов, ускоряет высвобождение законсервированных в вечной мерзлоте парниковых газов.

— *Какие интересные исследования проводятся в настоящее время на «Спасской пади»?*

— В настоящее время на «Спасской пади» проводятся междисциплинарные научные исследования по решению фундаментальных вопросов, раскрывающих полную картину состояния природной среды, характера взаимодействия всех ее частей (атмосферы, биосферы, гидросферы, криолитосферы). Также проводятся исследования по изучению роли мерзлотных экосистем в глобальном изменении климата, параметризации экосистем, их влияния на биоразнообразие, по прогнозированию и смягчению возможных направлений и последствий глобальных изменений климата. Кроме того исследования направлены на решение задач кратковременного мониторинга различных аспектов жизнедеятельности человека, на расширение международных научно-образовательных программ. В настоящее время, научная станция «Спасская падь» по праву является российским форпостом по проведению международных исследований, связанных с глобальным изменением климата.

На базе научной станции «Спасская падь» за 30 лет исследований нами создана международная мега-установка SakhaFluxNet, которая включает многолетние междисциплинарные исследования по изучению экологических,

биологических, геофизических, биогеохимических и климатических изменений в репрезентативных мерзлотных экосистемах Северо-Востока России с использованием 4М подхода. Этот 4М подход учитывает все наиболее важные аспекты наших исследований — мониторинг (1М), манипуляции (2М), моделирование (3М) и менеджмент (4М). Я являюсь научным руководителем и ответственным исполнителем 53 международных проектов с 18-тью странами мира. Международная мега-установка SakhaFluxNet — это большая, дорогая и сложная научная установка, не имеющая на данный момент аналогов в мире, созданная при финансовой поддержке многих стран.



**Международная мега-установка SakhaFluxNet ИБПК СО РАН
на Северо-Востоке России в репрезентативных экосистемах криолитозоны.
Горизонтальная трансекта: лес-лесотундра-тундра**

В ходе мониторинга (1М) проводятся исследования по горизонтали и вертикали. Протяженность горизонтальной трансекты составляет 1100 километров и включает научные станции «Эльгээйи» (60°с.ш.), «Спасская падь» (62°с.ш.), «Кодак» (70°с.ш.) и «Чокурдах» (70°с.ш.). Уникальным элементов исследований является то, что научные станции расположены в типичной тундре, лесотундре и лесах различной продуктивности. В вертикальном направлении (атмосфера — биосфера — гидросфера — криосфера) исследования осуществляются с помощью космических и воздушных судов, охватывая приземный и погранично-планетарный слой атмосферы (до 3000 м), а также с помощью высотных вышек и мачт, водного и наземного транспорта.

Манипуляции (2М) включают в себя экспериментальные полевые и лабораторные эколого-физиологические и биогеохимические исследования экосистем с моделированием существующих сценариев по потеплению климата (увеличение температуры, атмосферных осадков и лесных пожаров);

Моделирование (3М) проводится для реконструкции и прогноза, основанного на обработке эксклюзивного массива многолетних данных научных станций с помощью различных математических моделей;

Менеджмент (4М) использует результаты трансдисциплинарных исследований для взаимодействия фундаментальной науки и общества, заинтересованных сторон и лиц, принимающих решение. Здесь очень важна роль научной дипломатии в научно-образовательном процессе.



*Международная мега-установка SakhaFluxNet ИБПК СО РАН на Северо-Востоке России в репрезентативных экосистемах криолитозоны. Вертикальная трансекта: атмосфера-биосфера-гидросфера-криолитосфера
Спутники – NASA Aqua, JAXA; воздушные суда и дроны – Ил-18, Ан-2, eBee;
высотные вышки - 34 и 24 м и мачты; водные суда – лодки, катера, теплоходы*

Уникальным элементом данной Мега-установки SakhaFluxNet является то, что исследования проводятся на полностью оснащенных международными инвестициями четырех экспериментальных научных станциях Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, охватывающих все наиболее важные биоклиматические зоны России — болотную, тундровую, лесотундровую и лесную (включая зоны с низко- и высокопродуктивной тайгой). Такая разветвленная сеть мониторинговых станций SakhaFluxNet мирового уровня на Северо-Востоке России является единственной на территории нашей страны и не имеет аналогов, как по инструментальному обеспечению, так и по количеству изучаемых параметров. У нас имеется большой общепризнанный мировой научный задел, научная инфраструктура и квалифицированные кадры. Сотрудники научных станций имеют высокие рейтинги цитируемости в международных научных журналах Nature Climate Change, Nature Communication, New Phytologist, Environmental Research Letters, Biogeoscience, Global Change Biology и других. Уникальные данные научных станций широко востребованы мировым научным сообществом и у нас большое научное будущее и научные связи.

— *В 2022 году лесная научная станция отмечает юбилей.*

— В этом году исполняется 70 лет со дня создания лесной научной станции «Спасская падь» и 30 лет с начала наших совместных Российско-японских исследований по изучению изменений климата в Восточной Сибири. Это две важные знаменательные даты для мирового научного сообщества. Институтами Якутского научного центра СО РАН проведено свыше 30-ти совместных Российско-японских научных проектов со многими научными и образовательными организациями Японии. И тут я бы хотел отметить дальновидные вложения и заслуги наших выдающихся организаторов и пионеров мировой науки — члена корреспондента РАН, профессора Никиты Гавриловича Соломонова, профессора Бориса Ивановича Иванова. Неоценимый вклад в развитие мировой науки в области изучения глобального изменения климата внесли японские профессора Масами Фукуда, Кунихиде Такахаша, Ген Иноуэ, Тетсуо Охата, Такеши Ота и Атсуко Сугимото, европейские профессора Хан Долман, Мартин Хайман, Ханс Губбертен и Терри Каллаган. Мой нижайший поклон им, я благодарен им за то, что наше общее детище — научная станция «Спасская падь» ИБПК СО РАН сейчас по праву является международным центром исследований по изучению глобального изменения климата и кузницей молодых ученых из многих стран по различным научным направлениям.

— Планируется ли и дальше развивать международное сотрудничество в области климатических исследований?

— Совершенно очевидно, что нам необходимо развивать и расширять научные исследования по комплексным международным меж- и трансдисциплинарным исследованиям для развития социума в гармонии с природной средой в ответ на глобальные вызовы современности, на создание новых прорывных технологий для адаптации человека к изменению климата. Разумеется, это важная проблема не одной страны и нам нужно сотрудничать и консолидироваться. Тем более, что у нас уже есть большой международный опыт в этих исследованиях.



*Экспедиционные исследования фотосинтеза лиственницы американской.
Гудзонов залив, Канада. Июнь 2012 г.*

В последние годы, климат Земли сильно лихорадит и это уже начало природного коллапса в результате которого начинает нарушаться система и структура природной среды и характера взаимодействия её частей: атмосферы, биосферы, гидросферы и криолитосферы. То, что происходит с природной средой в Якутии сразу откликается на всей нашей планете. Нужны большие финансовые инвестиции в фундаментальную науку для изучения природной среды криолитозоны в период предстоящей углеродной нейтральности стран и трансграничного углеродного налога, с которыми не смогут справиться экономики некоторых стран. И в этом вопросе у нас имеются достоверные многолетние научные данные по углеродному пулу и потокам парниковых газов в репрезентативных экосистемах криолитозоны, которые обязательно будут востребованы и признаны в будущем. Это дело

времени. Необходима согласованная валидация и верификация бюджета углерода по странам, учитывающая поглотительные способности парниковых газов обширными репрезентативными экосистемами криолитозоны России с использованием современных, признанных на международном уровне научных методов и подходов, а также имеющегося научного задела наших совместных международных научных проектов.

У меня имеется уверенность в том, что сеть научных станций нашей мега-установки SakhaFluxNet будет еще дальше расширяться и развиваться в рамках Российского научного проекта НОЦ «Север» (3 научные станции вдоль побережья Северного Ледовитого океана) и Научного проекта Arctic Boreal Flux (4 научные станции в горных и термокарстовых экосистемах). К большому сожалению, экономические санкции по отношению к России могут отрицательно сказаться на реализации этих финансово поддержанных научных проектов. Нам очень нужны наши надежные зарубежные соисполнители, хорошее финансирование, стабильная экономика и политика. Уверен, что в результате наших совместных проектов, легкоранимые мерзлотные экосистемы России будут выведены в устойчивое русло развития.



Лесная научная станция «Спасская падь» готова к новым полевым исследованиям по изучению изменений климата

Вырезки из комментариев видных зарубежных ученых

Профессор Терри В. КАЛЛАГАН

Директор научной станции «Абиско» Королевской шведской академии наук
Директор Центра по экологии Арктики Университета Шеффилда, Великобритания
Координатор SCANNET

Член Королевской шведской академии наук

Лауреат Нобелевской премии 2007 года за работу по защите окружающей среды и исследованиям вопросов изменения климата

Я знаю о весьма значительных вкладах «Спасской Пади» в международную науку. Они касаются не только знаний о взаимодействии атмосферы и наземной поверхности, но и многих других областей. Например, я знаком с превосходной работой по изменению биоразнообразия в течение нескольких десятилетий, аналогов которой не встречал нигде в северном регионе. К тому же я лично встречался с профессором Максимовым много раз и крайне впечатлен его выдающейся ролью как представителя «Спасской Пади».

Профессор Мартин ХЕЙМАН

Директор Института биогеохимии Общества научных исследований
им. Макса Планка, Йена, Германия

Руководитель научного проекта Европейского Союза TCOS-Siberia

Измерения, проведенные на «Спасской Пади», а также в сотрудничестве с голландскими коллегами из университета Амстердама в Чокурдахе на севере, представляют собой пионерный вклад в исследование биогеохимического потока в мерзлотных регионах.

Вследствие уже выполненных широких научных исследований на участке «Спасской Пади», а также благодаря превосходной инфраструктуре и великолепной поддержке д-ра Максимова и его команды, станция обеспечивает весьма ценную платформу для дальнейших исследований, например, новых следовых газов, изотопов или других исследований обмена между почвой, растительностью и атмосферой.

Профессор Тетсуо ОХАТА

Директор Программы Криосферы Северного Полушария
Исследовательский Институт по наблюдению за Глобальным Изменением,
JAMSTEC, г. Йокосука, Япония

Член Японского Международного Научного Комитета Арктики,

Японского Комитета IUGG,

Японского Комитета WCRP/IGBP Научного Совета Японии.

Станция обладает уникальным оборудованием и предоставляет отличную логистическую инфраструктуру для выполнения как продолжительного мониторинга, так и широкомасштабных полевых работ, в результате чего было сделано много научных открытий. Эти открытия изменили прошлые представления и внесли вклад в моделирование климата и окружающей среды, которое усовершенствовало понимание окружающей среды в региональном масштабе, а также холодных наземных регионов на земле. Данные, взятые на станции, используются по всему миру для того, чтобы способствовать развитию/усовершенствованию моделей климата и прогнозирования будущего, которые смогут предугадать будущие изменения Восточной Сибири и всего мира. Эти усовершенствования являются очень важными в научном плане, и несомненно вносят и продолжат вносить огромный вклад в общество, политику, касающуюся вопросов окружающей среды, биологических ресурсов и транспорта в Республике Саха (Якутия) и регионах Сибири.

Я должен также заметить, что Японское правительство и научно-исследовательские институты испытывают еще больший интерес к этому региону и станции, нежели

раньше, из-за роста изменений, возникающих в Арктике и близлежащих регионах, включая Сибирь.

Профессор Алмут АРНЕТ

Университет Хельсинки, Финляндия,

Центр атмосферных и геобиосферных исследований

Университета Лунд, Швеция,

Член Оргкомитета проекта IGBP по приземно-атмосферным процессам, iLEAPS

Измерения на Спасской Пади вносят вклад в глобальную научную сеть как FluxNet, которая сводит вместе сотни полевых местностей по всему миру, которые изучают взаимодействия растительности и климата, и считается основной деятельностью iLEAPS, проект Земля-Атмосфера Международной Биосферной Программы IGBP. Одной из материально-технических опор этих полевых местностей является обеспечение электричеством, без этой возможности все наши старания будут напрасны, так как научное оборудование не может функционировать без надежного снабжения. Я хочу выразить мое восхищение и благодарность Доктору Максиму за его старания в содержании данной станции и за выдающиеся во всем мире научные результаты, которые уже получены из этих измерений.

Подготовила Мария Ефремова

Фото из личного архива Трофима Максимова