

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ 5. ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ СТАНЦИЙ ПУЛЬСАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

### ЧАСТЬ 1. СТАНЦИИ KR-ZO1, KR-ZO2, KR-ZO3, KR-IGA

ЭКС в экосистеме сосняка лишайникового (KR-Zo1) расположена на левом берегу р. Енисей, в 900 м к север-северо-востоку от обсерватории “ЗОТТО”, начала работу с 2012 г. (Park et al., 2021\*<sup>1</sup>). Подстилающие многолетнемерзлые породы отсутствуют (Dymov et al., 2022\*). Древостой сформирован тремя генерациями сосны обыкновенной, обусловленными пожарными нарушениями, с возрастом 40–180 лет (характерный межпожарный интервал составляет 25–30 лет).

ЭКС на участке сосново-кустарничково-сфагнового болота, или соснового ряма (среднего) (KR-Zo2) размещена примерно в 3 км к северо-востоку от обсерватории “ЗОТТО”, начала работу в 2012 г. (Park et al., 2021\*). Глубина торфа увеличивается от краев (1.6 м) к центру болота (5.1 м), возраст торфа увеличивается от  $9397 \pm 134$  лет до  $13617 \pm 190$  лет. Древесный ярус представлен болотными формами сосны обыкновенной со средней высотой полога ~2.5 м (Карпенко, Прокушкин, 2018\*; Park et al., 2021\*).

ЭКС в лиственничнике кустарничково-зеленомошном (KR-Tur) расположена на южной стороне р. Нижняя Тунгуска, в ~25 км вверх по течению от п. Тура Эвенкийского района, в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. ЭКС работает с 2004 г. (Ольчев и др., 2022\*; Nakai et al., 2008\*; Zyrianov et al., 2008\*). Исследования проводятся на базе Эвенкийского стационара ИЛ СО РАН (п. Тура). Произрастает одновозрастный (~120 лет) лиственничник, сформированный лиственницей Гмелина. Основным фактором динамики лесных экосистем являются низовые пожары; межпожарный интервал составляет около 100 лет. Результаты комплексных работ обобщены в монографии (Permafrost ..., 2010\*).

ЭКС на плоскобугристом болоте в экотоне лесотундры KR-Iga расположена на границе северной тайги/лесотундры, на правом берегу р. Енисей, в 5 км к северо-западу от г. Игарка. Станция расположена в зоне активной деградации многолетней мерзлоты, характерно ее прерывистое распространение. Запуск комплекса произведен в 2016 г. (Olchev et al., 2022\*). Исследования проводятся на базе Игарской геокриологической лаборатории ИМЗ СО РАН (г. Игарка).

---

<sup>1</sup> Звездочкой здесь и далее отмечены литературные источники, которые вынесены в Доп. материал 1.

## **ЧАСТЬ 2. СТАНЦИЯ NO-LTA**

Пульсационное оборудование на станции установлено ЦЭПЛ РАН, измерения ведутся совместно с НПО “Тайфун” с 2010 г. (Замолотчиков и др., 2017\*). В период измерений на лесной покров сильное воздействие оказывал комплекс факторов: изменения климата, повреждения от короеда-типографа и грибной гнили, ветровалы (Karelin et al., 2021). В частности, сильное ослабление древостоя произошло в результате засухи 2010 г. (Карелин и др., 2020). В области охвата вышки в 2009 г. индивидуальные мертвые деревья составляли 8% от всего древостоя, а в 2015 г. – почти 30% (Karelin et al., 2021). В 2018–2019 гг. области сплошных нарушений занимали 12.6% территории, при этом сухостой составляли 9%, а ветровалы – 3.6% (Karelin et al., 2021). По состоянию на осень 2022 г. почти весь еловый древостой на площади охвата представляет собой мертвые деревья и разные стадии самовосстановления.

## **ЧАСТЬ 3. СТАНЦИИ КО-УРО, КО-ЛЮА, КО-УАК**

ЭКС на мезо-олиготрофном болоте (КО-УРо) находится на второй надпойменной террасе бассейна р. Вычегда. Растительные сообщества относятся к трем основным типам: олиготрофные сосново-кустарничково-пушицевые-сфагновые, мезотрофные кустарничково-травяно-сфагновые и мезоевтрофные травяно-моховые. Результаты исследований энерго-массообмена в экосистеме болота КО-Уро обобщены в публикациях (Михайлов и др., 2015\*; Ecosystem ..., 2016\*; Mikhailov et al., 2019; Schneider et al., 2011\*).

ЭКС в ельнике черничном влажном (КО-Люа) находится на территории заказника республиканского значения “Ляльский”, в 2 км от Ляльского лесозащитного стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Стационар организован в 1986 г. для изучения структурно-функциональной организации лесов заказника (Биопродукционный ..., 2001\*; Еловые леса ..., 2006\*). Исследования энерго-массообмена между лесом и атмосферой с использованием ЭКС (станция КО-Люа) были поддержаны международным проектом ICI. В зоне охвата преобладают еловые фитоценозы, соотношение хвойные/лиственные сообщества составляет в среднем 7:3 (Загирова и др., 2019b).

ЭКС в сосняке бруснично-лишайниковом (КО-Уак) расположена на территории Якшинского участка Печоро-Илычского заповедника, в бассейне верхнего течения р. Печора, начала работу в 2012 г. Весной 2014 г. в связи с технической неисправностью газоанализатора измерения были прекращены и возобновлены в 2021 г.

#### **ЧАСТЬ 4. СТАНЦИИ YA-ELG, YA-SPL, YA-CKD**

ЭКС на лесной станции “Эльгэйи” (YA-Elg) расположена в лиственничнике брусничном (высокопродуктивном) в юго-восточной Якутии, на левом берегу р. Алдан, в 60 км южнее п. Усть-Мая. Ведутся параллельные исследования по физиологии и биохимии растений, почвоведению и метеорологии. Измерения по МТП на станции YA-Elg велись с 2009 до 2012 г. (Kotani et al., 2014\*) и с 2018 г. до настоящего времени.

Лесная станция “Спасская падь” создана в 1952 г. в средне-продуктивном типичном лиственничном лесу и расположена на левом коренном берегу реки Лена в 30 км севернее города Якутска. ЭКС YA-SPl расположена в брусничном лиственничнике (средней продуктивности), типичном для равнинных лесов Центральной Якутии (Максимов, 2007\*). Основным фактором динамики экосистем являются лесные пожары. Повреждения древостоя вызывают очень влажные годы, а также эпидемии шелкопряда. Измерения по МТП на станции YA-SPl ведутся начиная с 1998 г. В приземном и погранично-планетарном слое атмосферы (до 3000 м на 6 высотах) проводятся авиационные измерения концентрации ПГ ( $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$  и фторид серы). Также параллельно измеряются почвенные потоки  $CO_2$  и  $CH_4$  автоматическими стационарными и портативными камерами.

Арктическая тундровая станция “Чокурдах” (YA-Ckd) расположена в Северо-восточной Якутии, в 30 км севернее п. Чокурдах, в Национальном парке “Кыталык”, на левом берегу в низовье р. Индигирки (Van der Molen et al., 2007\*), в районе сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Ведется мониторинг характеристик многолетней мерзлоты. Измерения по МТП ведутся начиная с 2003 г. с перерывом на 2022 г.

#### **ЧАСТЬ 5. СТАНЦИИ TV-FY0, TV-FY2, TV-FY3, TV-FY4**

ЭКС в сфагново-черничном заболоченном ельнике (TV-Fy0) располагается в небольшой депрессии; характерен высокий уровень грунтовых вод, достигающий поверхности почвы, что определяет низкую продуктивность древостоя (IV бонитет). В экосистеме установлены две вышки разной высоты (29 и 40 м) с дублирующимся комплектом оборудования МТП.

ЭКС в неморальном кислично-щитовниковом ельнике с примесью клена, вяза, осины и березы (TV-Fy2) располагается на хорошо дренируемом относительно ровном участке моренной гряды. Возраст древесной растительности достигает 170 лет. Высота первого яруса составляет 30–35 м.

ЭКС на зарастающей вырубке (TV-Fy3) площадью 4.5 га также расположена на хорошо дренируемом участке. ЭКС организована в апреле 2016 г. после сплошной рубки, сразу после завершения лесозаготовительных работ. До лесозаготовок в марте 2016 г. на участке находился древостой высотой до 30 м с преобладанием ели европейской, березы повислой, осины обыкновенной и рябины обыкновенной. После удаления древесного полога растительность вырубки характеризуется внутренней мозаичностью и выраженной динамикой (Ивлева, Леонова, 2019\*). В 2019 г. были наиболее распространены разнотравные и разнотравно-кипрейные сообщества с подростом осины и березы.

ЭКС на олиготрофном грядово-мочажинном сфагновом болоте (TV-Fy4) действовала в 1998–2000 гг. и снова запущена в 2016 г. Болото имеет площадь около 617 га, возраст около 9000 лет и толщину торфяной залежи до 5.5 м. В центральной части болота, где расположена ЭКС, практически отсутствует древесная растительность.

## **ЧАСТЬ 6. СТАНЦИИ КМ-MUH, КМ-MU2**

ЭКС КМ-Muh на грядово-мочажинном комплексе проработала с мая по август 2015 г., оборудование было размещено на вышке высотой 4 м (Alekseychik et al., 2017\*). В 2019 г. начались измерения  $\text{CH}_4$ . В 2021 г. установлена новая более высокая мачта (7 м) с обновленным комплектом оборудования (Dyukarev et al., 2021b\*).

ЭКС КМ-Mu2 на участке сосново-кустарничкового сфагнового болота высотой 10 м работает с 2022 г.