

Сведения о выполненных работах
в период с 01.07.2020 г. по 30.06.2021 г.

по проекту **«Биогеохимическое изучение феномена высокой биологической продуктивности растительности в условиях Субарктики как основа для создания технологий природообустройства в Арктической зоне Российской Федерации»**,

поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 18-77-10045

Руководитель: канд. биол. наук Лойко Сергей Васильевич

Полевые исследования проводились в Ямало-Ненецком автономном округе на территории северной тайги в окрестностях пос. Ханымей в пределах Ханымейского плоскоместья – междуречья рек Пякупур, Чучуяха и Апакапур. В ходе экспедиционных работ в пределах крупных котловин, а также в пойме небольшой реки, выполнены следующие виды работ: рекогносцировочное обследование, выбор мест заложения точек комплексного биогеохимического обследования экосистем; комплексные биогеохимические исследования, согласно программе проекта; отбор проб воды из остаточных водоёмов в пределах хасырейных котловин; изучение строения пойменных отложений и заложение датчиков САМ (Инфлай, г. Томск) для проведения термометрических исследований, в том числе и с GSM-модулем. Суммарно собрано около 230 почвенных проб для определения общих свойств, 143 пробы для измерения концентраций минерального азота. Отобрано 74 пробы воды для определения углерода растворенных неорганических и органических соединений, хлоридов, сульфатов, нитратов, ионов аммония, а также содержания истинно-растворенных и коллоидных форм целого спектра химических элементов (Li, B, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Sb, Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Tl, Pb, Th, U). Для определения концентраций CO₂ и CH₄ в воде отобрано 40 проб верховодок и вод остаточных водоёмов. 63 пробы отобрано для определения содержания стабильных изотопов углерода и кислорода. Для 50 проб воды применена процедура центробежной ультрафильтрации для получения низкомолекулярной биодоступной фракции. Для 33 точек определена продуктивность растений и собран гербарий. В более чем 40 точках измерены потоки газов. Для 31 образца торфа сцинтилляционным радиоуглеродным методом определен радиоуглеродный возраст в целях установления времени осушения котловин термокарстовых озёр, а также скоростей торфонакопления и формирования сплавин. Работами охвачено 9 хасыреев разного возраста и степени осушения. Для 155 проб растений, определенных до вида, либо рода, определены зольность и элементный состав с использованием метода ICP-MS на масс-спектрометре Agilent-7700x. Кремний в золе определен спектрофотометрически.

По разновременным космическим снимкам оценена скорость береговой абразии болот. Проведены подсчёты площадей хасыреев и озёр для трёх изученных ключевых

участков с использованием космических снимков Sentinel-2 и Landsat-8. Для определения времени появления хасырея использовались архивные спутниковые снимки Corona, а также топографические карты. В отчетный период полностью завершена аналитическая обработка материалов, полученных в 2018 и 2019 годах (КУ «Тазовский» и «Сё-Яха»). Выполнено AMS-датирование нескольких образцов придонного торфа с ключевого участка Сё-Яха. Завершены лабораторно-аналитические исследования почвенных образцов с КУ «Тазовский» и «Сё-Яха», а также образцов поймы малой реки КУ «Ханымей», собранных в экспедиции 2019 года. Проанализированы методом ICP-MS данные по образцам почвенной воды и пробам из поверхностных водоёмов (фоновые озёра и остаточные водоёмы, ручьи) ключевого участка Сё-Яха.

Обобщены результаты изучения сукцессионных процессов и разнообразия фитоценозов котловин дренированных термокарстовых озёр и поймы. На ранней стадии зарастания хасырея (десятки – сотня лет) на плоских сезонно-затапливаемых поверхностях формируются пушицево-осоковые растительные сообщества (*Carex aquatilis*, *C. rostrata*, *Eriophorum polystachyon*, местами *Equisetum fluviatile*, или *Arctophila fulva*). *Arctophila fulva* приурочена к донным отложениям, сложенным переотложенным торфом. Травяной ярус хорошо развит, проективное покрытие изменяется от 30–35 % до 80–95 %, высота его 70–110 см. Моховой покров не развит. На повышениях, где длительность сезонного затопления меньше, в травостое увеличивается участие вейника (*Calamagrostis langsdorffii*), отмечен разреженный покров (30–40 %) из гипновых мхов. В плоских, замкнутых понижениях бывшего озерного дна с застаивающейся водой формируются осоковые топи (проективное покрытие 10–30 %, высота 50 см) с развитым моховым покровом (2–30 %) из гипновых и сфагновых мхов. Невысокие песчаные валы занимают леса из березы высотой до 6–8 м, диаметром 10–15 см, с участием сосны и кедра, а также примесью ивы. Травяно-кустарничковый ярус в них разреженный (2–5 %) из болотных кустарничков, вейника и осок, в моховом покрове (5–10 %) – гипновые и сфагновые мхи, последние произрастают синузиями, не образуя сплошного покрова. Проективное покрытие травостоя от года к году сильно различается, что связано с общей влажностью вегетационного сезона.

На следующей (средней) стадии зарастания в растительных сообществах из-за накопления подстилки, густота преимущественно осокового травяного покрова становится меньше (проективное покрытие 10–20 %, высота 40–60 см), лучше развит моховой покров (покрытие от 5–20 % до 80–90 %) с преобладанием гипновых мхов. Участие сфагновых мхов достигает местами 10–25 %, и даже 100 % – в понижениях с застойным увлажнением. В березняках мохово-вейниковых на песчаных валах – выше покрытие кустарничков (до 15%), лучше развит моховой покров (до 50 %) из гипновых и сфагновых мхов.

На поздней стадии зарастания хасырея на ровных поверхностях формируются растительные сообщества со слабо развитым травяным покровом (проективное покрытие 10–15%, высота 35–50см) из осок (*Carex aquatilis*, *Carex rostrata*, *Carex chordorrhiza*, *Carex limosa* и др.), иногда с участием хвоща (*Equisetum fluviatile*).

Моховой покров в них хорошо развит (95–100%) с преобладанием сфагновых мхов. В виде сплавин эти сообщества нарастают внутрь остаточных водоемов. С другой стороны происходит ещё один процесс, по мере формирования торфяных горизонтов в устьевых зонах хасыреев, происходит подпруживание всей котловины. Это приводит к частичному восстановлению запаса воды в котловине, что особенно выражено во влажные годы. Подъем воды приводит к трансформации сукцессии по гидроморфному пути, увеличивается роль синузии видов сфагновых мхов, постепенно разрастающейся до уровня парцелл, являющихся уже в пределах всей котловины группой эдификаторных видов. В связи с этим даже те луга, что исходно формировались на обсыхающих и минеральных берегах, постепенно приобретают сплавинный облик. На песчаных береговых валах, очень характерных и для старых котловин рассматриваемого ключевого участка, формируются редины из березы, сосны и кедра высотой до 6–7 м, диаметром до 10–12 см, с густым ярусом (25–65 %) из болотных кустарничков (*Ledum palustre*, *Betula nana*) и сплошным сфагновым покровом.

Зольность растительности котловин ключевого участка Ханымей увеличивается от ранней к поздней стадии, в то время как в Тазовском зольность растительности на поздних сукцессионных стадиях почти в два раза меньше, что связано со снижением содержания фосфора, калия, кальция и кремния. При этом многие описанные для северной тайги закономерности сохраняются, например такие как накопление литогенных элементов в растениях поздней стадии. Видовые особенности сохраняются, минимальные значения аккумуляции показывают сфагновые мхи и арктофила, а хвои выступают концентраторами, особенно *Equisetum arvense*. Для аккумуляции элементов в растениях южнотундровых хасыреев хорошо заметно влияние катенарных особенностей, так как выражен микрорельеф. Особенно сильно это проявляется в средних хасыреях, где наибольшие значения зольности приурочены к мерзлотным буграм, покрытым вейником. Вслед за особенностями концентрации элементов в почвенной воде, зольность растений средних хасыреев максимальна. В хасыреях Тазовского зольность растений достоверно выше на минеральных субстратах, по сравнению с органогенными. В то же время в Ханымее наблюдается обратная тенденция, что связано с распространением среднезернистых песков.

Общей чертой в сравнении концентрации элементов тундровой и северотаежной подзон является значительное снижение концентрации в растворенной фракции природных вод от хасыреев к озерам всех элементов, в накоплении которых в значительной степени участвует биогенный фактор и соответствующее распределение органического вещества. Среди таких элементов можно выделить: Са, Mg, Si, К, Li, Р, Fe, Mn, Со. По всей видимости, такой характер распределения связан с интенсивным вовлечением в биохимический круговорот донных отложений на осушенных участках хасыреев и активным выщелачиванием этих элементов с последующим переходом в растворенную форму.