

Сведения о выполненных работах  
в период с 22.07.2021 г. по 30.06.2022 г.

по проекту «**Микроконтрастность ландшафтно-экологических условий  
мерзлых бугристых болот Западной Сибири**»,  
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 21-77-00021

Руководитель: Раудина Татьяна Валериевна, канд. биол. наук

В ходе всех запланированных работ в 2021–2022 г.г. на выбранных ключевых участках плоско- и крупнобугристых болот северной тайги южной границы распространения вечной мерзлоты проведены комплексные исследования различной степени детальности и повторности согласно плану работ: от базового отбора проб поверхностных и почвенных вод с измерением мощности сезонно-талого слоя до полного набора исследований (топографо-геодезические, гидрохимические, почвенные, геоботанические, экспериментальные), что позволило охарактеризовать особенности ландшафтно-экологических условий рассматриваемых болот.

Вследствие наличия «теплой» несплошной мерзлоты, наиболее чувствительной к колебаниям температуры и количеству осадков, данные ландшафты отличаются повышенной динамичностью. Здесь наблюдаются сложные связи между гидрологией, микрорельефом, топологией верхней границы многолетнемерзлых пород, строением торфяной залежи, что в комплексе влияет на потоки влаги и соответственно распределение тепла и химических элементов. По результатам электронной тахеометрической и фотограмметрической съемок рельефа составлены детальные топографические карты. Установлено, что основные микроландшафты болот представлены буграми, термокарстовыми просадками и мочажинами/топями с площадями 49–30–21 %, соответственно. Наиболее яркой чертой является неоднородная верхняя граница мерзлоты, за что отвечают два фактора: мощность торфа, который изолирует мерзлоту от атмосферного тепла, и наличие мигрирующей внутрипочвенной влаги, оказывающей сильное отепляющее действие. Верхняя граница мерзлоты максимально поднимается в центральной части бугров и незначительно понижается в понижениях между ними. В ходе геоботанического описания показано, в растительном покрове выделяется несколько ярусов с преобладанием тех или иных видов в зависимости от микрорельефа болот. Торфяные отложения отличаются большой пестротой и мозаичностью состава и структуры слагающих их торфов. В ходе заложения почвенных профилей установлено, что почвенный покров очень контрастен и представлен на буграх микрокомбинациями олиготрофных торфяных мерзлотных почв с торфяно-элювоземами и торфяно-подзолами. В топях распространены торфяные олиготрофные почвы (Классификация..., 2004) или Dystric Hemic Cryic Histosols (WRB, 2015). На локально повышенных участках, либо приозёрных склонах, где мощность торфа становится меньше 40-60 см, встречаются торфяно-подзолы иллювиально-гумусовые, подзолы иллювиально-гумусовые (Классификация..., 2004) или Spodic Histic Turbic Cryosols

(Albic, Arenic) и Histic Turbic Cryosols (Albic, Arenic) (WRB, 2015). Установлено, что доля почв, имеющих в своём профиле мерзлый торф, составляет не более 20 % от площади ключевого участка и, следовательно, это болото с преимущественно талой частью, а мерзлота залегает глубже, в подстилающей породе. Несмотря на небольшие перепады высот, наблюдаются значительные изменения почвенных свойств. Контрастно проявляет себя содержание и распределение углерода по профилю почв и в зависимости от микрорельефа. В песчаных горизонтах может находиться до 40 % и более углерода по отношению к вышележащей торфяной залежи. В олиготрофных торфяных почвах повышенных элементов микрорельефа содержание углерода (40,3–55,2 %) несколько выше по сравнению с пониженными (39,8–53,7 %) ( $p < 0,05$ ). Помимо влияния рельефа, мощности органогенной толщи и гидрологии на неоднородность почвенных свойств существенное влияние в данных условиях оказывает топоология верхней границы многолетней мерзлоты.

Вклад болотных микроландшафтов выражается также в разном гидрохимическом составе и свойствах болотных вод. Отмечаются различия в потоках углерода и других элементов в гидросеть, дренирующую болотные массивы. Сравнение средних значений параметров вод по всей выборке показало, что концентрации большинства элементов примерно равны или выше в 1,5–2 на буграх. Отличия, прежде всего, связаны как со временем пребывания воды в микроландшафтах, так и с особенностями режимов промерзания, снегонакопления и снеготаяния. Кроме того на буграх залегает в 2–10 раз более плотный торф, с меньшей в 2–5 раза водоотдачей, и в десятки раз с более низкими коэффициентами фильтрации. Биомасса растений выше на буграх, что также оказывает некоторое влияние, связанное с выщелачиванием большего количества углерода. Всё это способствует затруднительному перемещению болотных вод, увеличению времени пребывания растворенных веществ в этих элементах микроландшафтов. Помимо этого, в мочажине, топях условия сезонного прогрева способствуют большему накоплению тепла и является важным фактором, определяющим водно-тепловые условия и, соответственно, течение биогеохимических процессов, включая динамику органического вещества торфов.

По данным температурных наблюдений почвенных профилей ключевых участков были построены температурные хроноизоплеты, рассчитаны среднегодовые температуры, суммы положительных и отрицательных температур, что позволило сравнить скорость и характер промерзания/оттаивания почв разных элементов микрорельефа плоско- и крупнобугристых болот. Данные за четырехлетний период в совокупности с данными по влажности почвы, количеству осадков и температуре воздуха наглядно показывают различия в температурных режимах почв мерзлых бугров и топей, изменения деятельного слоя и нулевой завесы за период измерений. Основная толща многолетней мерзлоты имеет относительно стабильную температуру и колеблется в среднем от  $-0.3^{\circ}$  до  $-0.6^{\circ}$ . Верхняя часть профиля бугра промерзает в середине октября, в просадке же отрицательные температуры отмечаются на несколько дней позже. Обводненные ландшафты гораздо более медленно замерзают, на протяжении всей зимы имеют области нулевой завесы и быстрее оттаивают.

Такая разница температурных режимов связана с различиями в гидрологических условиях этих ландшафтов, а так же со способностью топей, ввиду более низкого расположения по рельефу, накапливать более мощную снеговую подушку, защищающую почву от промерзания. Ввиду различных перепадов высот и расчлененности рельефа на исследуемой территории болот развивается сложная сеть стока. Болотные воды с мерзлых бугров по поверхности мерзлоты стекают в просадки, откуда попадают в мочажины, а далее в ручьи и реки. Зачастую невозможно определить направление стока, поэтому в дополнение к топографической съемке для расширения представлений о процессе движения водного раствора, времени нахождения в зависимости от пространственной неоднородности участков был проведен предварительный полевой эксперимент/отработка методики по внесению солевого трассера на разных элементах микрорельефа плоско- и крупнобугристых болот. Анализ результатов полученных в этом полевом сезоне на плоскобугристых болотах показал, что скорость перемещения воды, протекает интенсивнее в проточной топи. На буграх скорость диффузии/переноса солей меньше, чем в топиях и мочажинах, что указывает на существенно более длительное время пребывания в них воды и следует, что доминирующая роль в определении состава малых рек отводится топиям.