

Строение торфяника месторождения Улома-1 (Вологодская область) по данным георадиолокационной съёмки

Н.Ю. Бобров* (СПбГУ), Е.А. Кузнецов (СПбГУ), Д.С. Садоков (Университет ИТМО)

Введение

Торфяные болота представляют собой уникальные экосистемы, играющие важную роль в поддержании биоразнообразия, регулировании водного режима и смягчении последствий изменения климата. Они играют ключевую роль в стабилизации уровня грунтовых вод и сохранении водных ресурсов. Болота накапливают значительное количество органического вещества, способствуя снижению концентрации углекислого газа в атмосфере и уменьшению парникового эффекта. Одновременно они выступают естественными фильтрами, поглощая токсичные элементы и тяжёлые металлы, стабилизируют влажность воздуха, снижают риск засух и перегрева в жаркие месяцы. Болота являются средой обитания многих редких видов растений и животных, включая эндемичные виды, занесённые в Красную книгу. Такие экосистемы часто служат убежищем для исчезающих популяций, обеспечивая условия для сохранения генетической вариабельности флоры и фауны.

Использование торфа в промышленности имеет многовековую историю. Хотя его значение как одного из видов топлива в современном мире упало, он активно применяется в сельском хозяйстве для улучшения структуры почвы и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также как сырьё в химической промышленности. Торфяные почвы после осушения и мелиорации применяются для выращивания сельскохозяйственных культур и лесоводства. Однако нерациональное освоение болот ведёт к разрушению экосистем, опасному усилению эмиссии парниковых газов, утрате биоразнообразия, деградации водорегулирующих функций. На территории Российской Федерации стратегические ошибки планирования торфяной промышленности в советское время усугубились проблемами, вызванными распадом советской экономики в 90-е годы XX-го века. В настоящее время всё чаще ставится вопрос о восстановлении осушённых в прошлом болотных угодий. Поэтому особое значение приобретают комплексные исследования болотных экосистем, в которых важное место должны занять геофизические методы, позволяющие определять объёмы и структуру торфяных залежей. Эти данные необходимы как для фундаментальных научных исследований, так и для решения прикладных задач рационального природопользования и охраны уникальных болотных ландшафтов.

В докладе представлены результаты геофизических работ методом георадиолокации, выполненных в феврале 2025 г. на участке торфяного месторождения Улома-1 в Вологодской области. Целью работ было определение рельефа дна болотного массива и строения торфяной залежи.

Участок и методика работ

Вологодская область занимает одно из первых мест среди регионов европейской части России по площади торфяных болот и запасам торфа. Уломские болота представляют собой обширный болотный массив, расположенный в центральной части области между 59°10' и 59°30' северной широты, 36°30' и 37°00' восточной долготы. Этот природный комплекс занимает площадь около 250 км² в пределах Молого-Шекснинской низменности, относящейся к подзоне южной тайги Русской равнины. Болота сформировались в обширной плоской депрессии ледникового происхождения с абсолютными отметками 110-120 метров над уровнем моря.

Геоморфологически территория представляет собой слабоволнистую озерно-ледниковую равнину с минимальными уклонами (0,1° - 0,3°), что способствовало развитию процессов

заболочивания. В центральной части болотного массива преобладают олиготрофные грядово-мочажинные комплексы, тогда как на периферии развиты переходные и низинные болота. Характерной особенностью ландшафта являются многочисленные озера-старицы и минеральные острова площадью до 1-2 га (Буслович и др., 2001).

Уломские болота представляют собой сложную природную систему, формирование которой обусловлено взаимодействием геологических, гидрологических и климатических факторов. В структурном отношении болотный массив приурочен к понижениям ледникового рельефа в пределах Молого-Шекснинской низменности, сложенной четвертичными озерно-ледниковыми и аллювиальными отложениями. Мощность торфяной залежи варьирует от 3 до 8 метров, увеличиваясь к центральным частям болотных массивов.

Физические свойства отложений характеризуются значительной пространственной изменчивостью. Торфяные отложения имеют плотность $0,8-1,1 \text{ г/см}^3$ и пористость 85-92%, что обуславливает их высокую влагоёмкость. Подстилающие минеральные отложения отличаются большей плотностью ($1,8-2,2 \text{ г/см}^3$) и меньшей пористостью (30-45%) (Буслович и др., 2001).

Участок работ находится в Кадуйском районе Вологодской области рядом с посёлком городского типа Хохлово (рис.1). Он представляет собой заросший лесом участок торфяного месторождения Улома-1, подготовленный к разработке в 70-е годы XX-го века посредством устройства системы картовых каналов, то есть осушителей для понижения уровня грунтовых вод и отвода поверхностных вод (Маслов, 2006). Расстояние между картовыми каналами составляет 20 м. Функцию коллекторов для картовых каналов осуществляют более глубокие валовые каналы, разделяющие отдельные участки торфяного поля. Ширина этих участков, обозначенных римскими цифрами на рис.1, составляет 500 м.

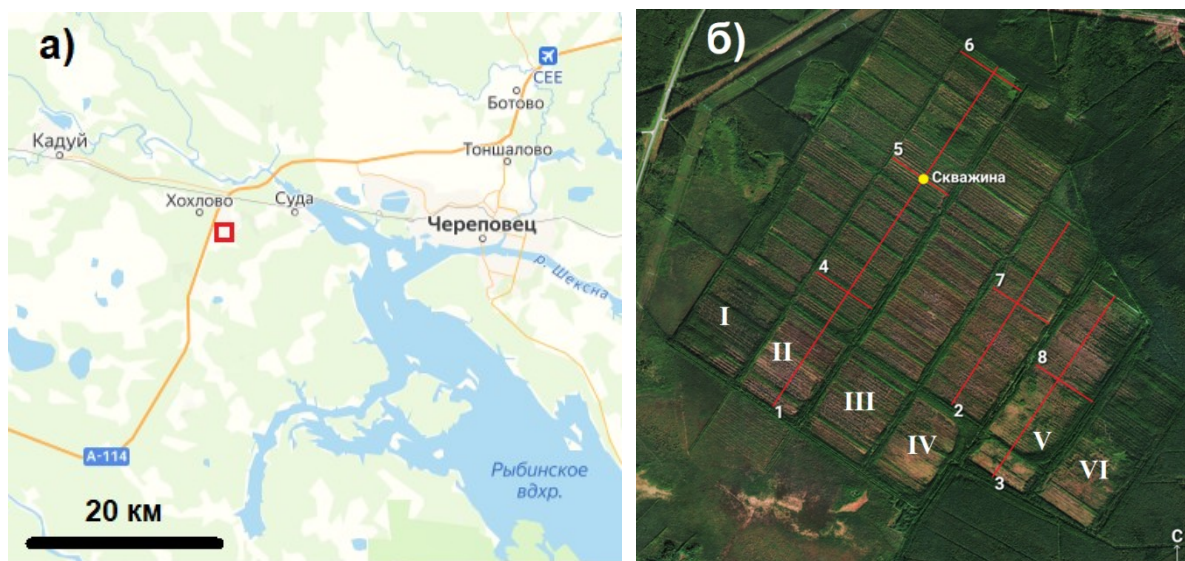


Рисунок 1. Схема района (а) и космоснимок участка работ (б). Красными линиями обозначены профили, по которым проводилась георадиолокационная съёмка. Жёлтой точкой обозначено место бурения скважины.

Пешеходная георадиолокационная съёмка выполнялась по нескольким профилям – трём продольным (1-3) и пяти поперечным (4-8) в пределах участков II, IV и V. Использовался георадар ОКО-2 с антенным блоком АБ-250 и колёсным датчиком перемещения. Высота снежного покрова на участке во время выполнения работ не превышала 10 см, перемещение по снежному покрову осуществлялось при помощи снегоступов. На пересечении продольного профиля 1 и поперечного профиля 5 после завершения съёмки было осуществлено бурение торфяной толщи при помощи полуцилиндрического (русского) торфяного бура (длина пробоотборника 100 см, ширина 5 см). Длина колонки, вскрывшей торфяную толщу до минерального основания, составила 2.83 м.

Результаты работ

Обработка данных георадиолокации проводилась в программе Geoscan32. На всех радарограммах прослеживается чёткая ось синфазности, связанная с отражением от минерального основания. Отсутствие заметных отражений ниже этой границы позволяет предположить, что подстилающие залежь грунты представляют собой глинистые ледниковые отложения, возможно, перекрытые маломощным слоем песчано-гравийных флювиогляциальных осадков. Георадиолокационная съёмка позволила проследить глубину минерального основания по всем пройденным профилям.

На рис.2 приведена радарограмма по поперечному профилю 5, проходящему посередине одной из торфяных карт в направлении с юго-востока на северо-запад. Поверхность минерального основания выделена пунктирной коричневой линией. Подбор средней относительной диэлектрической проницаемости торфяной толщи с опорой на данные бурения дал значение около 80, что говорит о высокой степени водонасыщения заброшенного торфяника. О том, что дренаж болота в настоящее время осуществляется плохо, свидетельствует и близкий к поверхности земли уровень воды в картовых каналах. Несмотря на «пёстрый» характер волновой картины, на этой и других радарограммах прослеживаются квази-горизонтальные границы внутри торфяника, вероятно, связанные со слоями торфа разной степени разложения, что подтверждается и данными буровой колонки. В нижней части торфяной толщи наблюдается относительно однородный слой (его верхняя граница выделена зелёной пунктирной линией) максимально переработанного торфа.

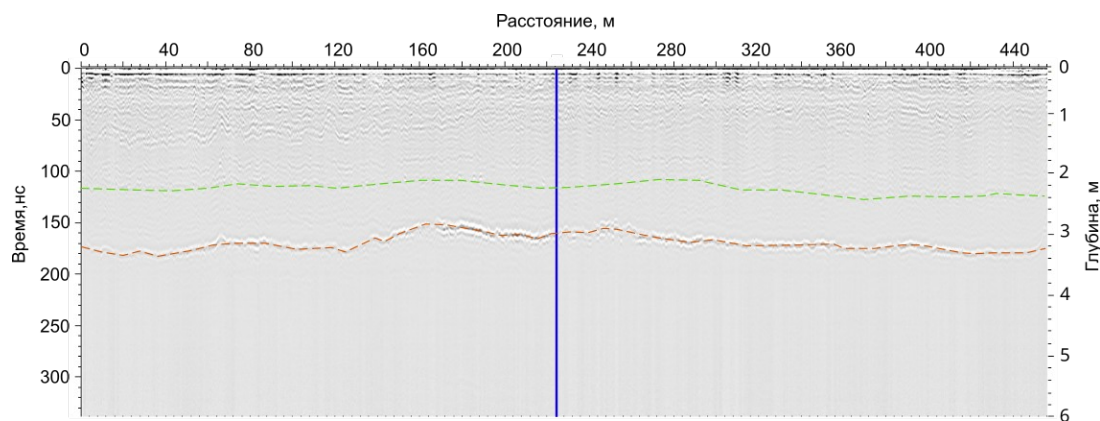


Рисунок 2. Радарограмма по профилю 5 с элементами послойной интерпретации. Вертикальной синей линией отмечено положение скважины и продольного профиля 1.

На рис.3 приведена радарограмма по продольному профилю 1 в направлении с юго-запада на северо-восток. Можно видеть, что рельеф минерального основания довольно изрезанный, мощность торфяной залежи достигает 3.5 м в центральной части профиля, уменьшаясь в сторону границ участка.

На продольных профилях, проходящих поперёк карт и пересекающих под прямым углом картовые каналы, на некоторых участках радарограмм можно наблюдать характерные колебания оси синфазности, связанной с отражением от минерального основания, имеющие вид, напоминающий циклоиду (рис.4). Поскольку из общих соображений невозможно ожидать подобного поведения реальной геологической границы, наиболее вероятной причиной этой особенности радарограмм является изменение влажности торфяного слоя, влияющее на диэлектрическую проницаемость и скорость электромагнитной волны. Эти изменения влажности, скорее всего, вызваны неравномерным уплотнением и преобразованием торфа в процессе осушения болота. Изменения торфяного слоя максимальны в непосредственной близости от каналов-осушителей (Маслов, 2006). В настоящее время влажность должна быть максимальна на наибольшем удалении от каналов, то есть посередине карт, и минимальна вблизи них. Для скорости электромагнитного импульса верно обратное соотношение. Исходя

из предположения о примерно одинаковой глубине минерального основания на интервалах, соизмеримых с шириной торфяных карт (20 м), можно, основываясь на разности времён пробега зондирующего импульса, оценить изменение диэлектрической проницаемости в торфяном слое примерно в 1.5-2 раза - от 80 до 40-50 отн. ед.

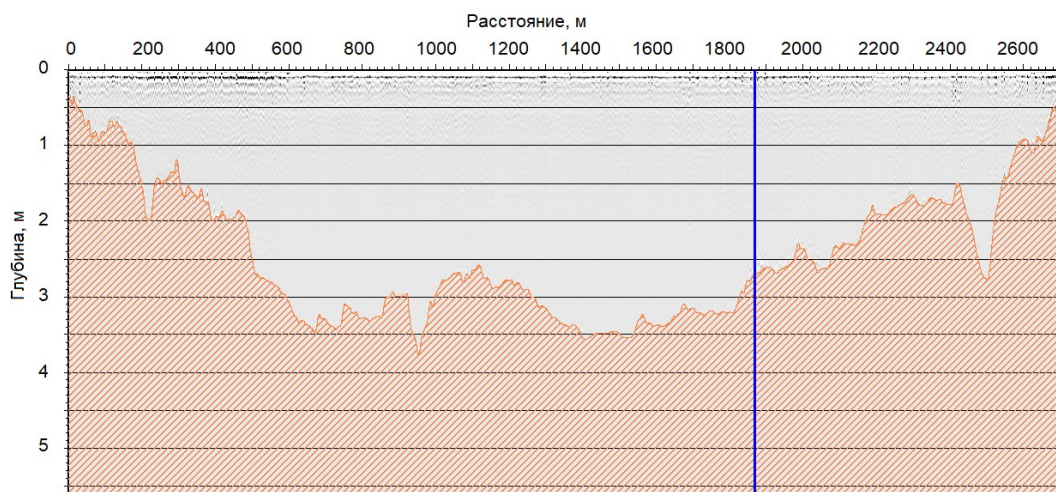


Рисунок 3. Радарограмма по профилю 1 с элементами послойной интерпретации. Штриховкой выделено минеральное основание. Вертикальной синей линией отмечено положение скважины и поперечного профиля 5.

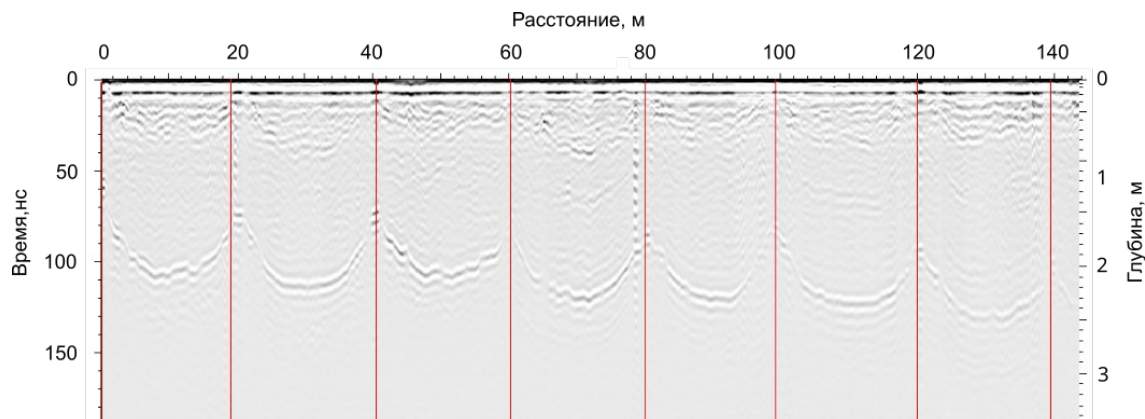


Рисунок 4. Фрагмент радарограммы по профилю 2. Заметно кажущееся циклическое изменение мощности торфяного слоя между картовыми каналами (положение каналов отмечено вертикальными красными линиями).

Библиография

1. Буслович А. Л., Гаркуша В. И., Авдошенко Н. Д., Галкина Л. Б. Геологическое строение и полезные ископаемые Вологодской области. Вологда, 2001. 172 с.
2. Маслов Б.С. Мелиорация торфяных болот. Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2006 . 195 с.

References

1. Buslovich A.L., Garkusha V.I., Avdoshenko N.D., Galkina L.B. Geological Structure and Mineral Resources of the Vologda Region. Vologda, 2001. 172 p (in Russian).
2. Maslov B.S. Melioration of Peat Swamps. Tomsk: Publishing House of Tomsk State Pedagogical University, 2006. 195 p. (in Russian)