

Абдулманова Ирина Фиргатовна
Пермский государственный национальный
исследовательский университет,
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, Россия
e-mail: a.ir-flora@mail.ru

Игошева Екатерина Андреевна
Пермский государственный национальный
исследовательский университет,
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, Россия
e-mail: igosevae@gmail.com

Irina F. Abdulmanova
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia
Ekaterina A. Igosheva
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

СОПОСТАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКОТОПОВ БОЛОТНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ И ГЛУБИН ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ БЕЛОГО БОЛОТА (ПЕРМСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ)

Известно, что фитоиндикация характера и мощности торфяной залежи возможна только наравне с прочими географическими и геоморфологическими факторами, характерными для болотных систем. Цель нашего исследования – определение наличия или отсутствия взаимосвязи между мощностью торфяной залежи, составом фитоценоза и экологическими параметрами местообитаний растений на примере Белого болота, расположенного в Сылвенско-Иренской низменности на юго-востоке Пермского края. Для этого проведены измерения мощности торфяной залежи торфяным щупом с последующим расчетом объемов торфяника геоинформационными методами. Описано разнообразие растительных сообществ торфяника, осуществлен их эколого-ценотический анализ и фитоиндикационный анализ экотопов, с применением экологических шкал Элленберга и Ландольта, с помощью программы EcoScaleWin. Полученные результаты замеров мощности торфяника, расчёта объемов и площади торфяных отложений, позволили обновить и дополнить фондовые данные геологической разведки 1969 г. Эколого-ценотический и фитоиндикационный анализы выявили различия между сосново-кустарничково-сфагновыми и пушистоберезовыми вахтово-сфагновыми сообществами. Расчет коэффициента корреляции Спирмена продемонстрировал наличие связи между глубинами торфяных отложений и долей представителей водно-болотной эколого-ценотической группы в сообществах, а также с рядом экологических параметров экотопов. При этом использование двух различных экологических шкал выявило несогласованность между ними. В статье обоснована выбранная пространственная тактика измерения глубин торфяника небольшого болота неправильной формы, а также рассчитано необходимое время для промера мощности условной торфяной залежи площадью 1000 га. Раскрыто содержание проводимых в Пермском крае палеоэкологических исследований и связь с настоящей работой. Проведено сопоставление имеющихся данных по Белому болоту, с известными авторам результатами фитоиндикационных исследований мощности торфяников Западной Сибири. Рассмотрены ограничения и перспективы для реализации серии подобных исследований в Пермском крае, которые позволят выявить региональные и зональные закономерности пространственной структуры болотных сообществ и их связь с мощностью торфяных отложений.

Ключевые слова: особо охраняемая природная территория, торфяная залежь, растительность, экологическая шкала, фитоиндикация, ГИС.

COMPARISON OF BOG PHYTOCENOSIS ECOTOPES PARAMETERS AND PEAT DEPOSIT DEPTHS OF THE BELOE BOG (PERM REGION, RUSSIA)

It is known that phytoindication of the nature and depth of peat deposits is possible only when, among other factors, the geographical and geomorphological position of the bog systems is taken into account. The aim of this study is to determine whether or not there is a relationship between peat deposit thickness, phytocenosis composition and ecological parameters of plant habitats, using the example of the Beloe Bog located in the Sylvensko-Irenskaya lowland in the south-east of Perm Krai. Measurements of the depth of the peat deposit were carried out using a peat probe, followed by the determination of the volumes of the peat bog in the GIS (ArcGIS (ESRI)). The diversity of peatland plant communities is described, their ecological-cenotic analysis and phytoindication analysis of ecotopes is carried out using Ellenberg and Landolt ecological scales using EcoScaleWin software. The results allow to update the stock data of geological exploration 1969. Ecological-cenotic and phytoindication analyzes revealed differences between pine-dwarf shrub-sphagnum and birch-menyantes-sphagnum communities. A Spearman correlation coefficient demonstrated a relationship between peat deposit depths and the proportion of Water-Swamp ecological-cenotic group species in the communities, as well as with a number of ecological parameters of the ecotopes. The use of two different ecological

scales revealed inconsistency between them. The article substantiates the chosen spatial tactics for measuring the peatland depth of a small irregularly shaped bog and also calculates the time required to measure the thickness of a conventional peat deposit of 1000 hectares. The relationship of this work to ongoing palaeoecological research in Perm Krai is highlighted. A comparison is made between the available data on the Beloe Bog and the results of phytoindication studies of the peatland thickness of Western Siberia known to the authors. The limitations and prospects of a series of similar studies in Perm Krai, which will reveal regional and zonal patterns in the spatial structure of bog communities and their relation to the thickness of peat deposits, are considered.

Keywords: specially protected natural territory, peat deposit, vegetation, ecological scale, phytoindication, GIS.

Введение

Экологическая роль болот велика: они - резервуары чистой пресной воды, питают реки, выступают в роли фильтров атмосферных осадков, аккумулируют атмосферный углерод в торфяниках и поддерживают биоразнообразие [31]. Болотные местообитания характеризуются специфическими экологическими условиями, а потому оригинальной по видовому составу и по экологическим особенностям растительностью [4]. Практикуется использование экологических шкал для изучения пространственной структуры растительных сообществ различных типов болот. Подобные исследования проводятся, в том числе и на Урале [4, 8].

Исследования взаимосвязей между характером растительности болот, строением и мощностью торфяников, проведенные на европейской части России и в Западной Сибири, свидетельствуют, что фитоиндикация строения и глубины торфяной залежи возможна, но только при одновременном учете состава и структуры фитоценозов, географического и геоморфологического положения болотных систем, размера и местоположения фитоценозов-индикаторов в пределах соответствующей болотной системы, динамического типа фитоценозов-индикаторов: сформированного или формирующегося [3].

Цель данной работы – определить наличие или отсутствие взаимосвязи между мощностью торфяной залежи, составом фитоценоза и экологическими параметрами местообитаний растительных сообществ на примере Белого болота.

Задачи:

- предполевой выбор местоположения точек измерения мощности торфяной залежи Белого болота;
- осуществление замеров мощности торфяной залежи Белого болота в полевых условиях;
- описание разнообразия растительных сообществ Белого болота;
- определение объемов торфяника Белого болота;
- эколого-ценотический анализ сообществ и фитоиндикационный анализ местообитаний;
- оценка корреляционной связи между экологическими параметрами и глубиной торфяника под сообществом.

Материал и методика

Объект исследования. Белое болото – природный резерват регионального значения ландшафтного профиля, расположенный в юго-восточной части Пермского края на территории Уинского района, в 8 км к югу от села Аспа. Особо охраняемая природная территория (далее ООПТ) площадью 190 га образована с целью сохранения типичных участков естественных экосистем верхового болота. ООПТ относится к ботанико-географическому району широколиственно-елово-

во-пихтовых лесов. Она расположена в Сылвенско-Иренской низменности на границе водосборов рек Тулвы и Сылвы и представляет собой небольшой участок верховых и переходных болот в окружении сообществ смешанных хвойно-широколиственных лесов. Комплексы верховых и переходных болот типичны для Пермского края в целом, но редки для природного района смешанных хвойно-широколиственных лесов. На юге края – это единственное верховое болото, имеющее статус ООПТ регионального значения [20].

Исследуемый участок расположен на восточной окраине Русской платформы в пределах Предуралья, как и большая часть Пермского края. Тектоническое строение характеризуется крупной тектонической структурой – Башкирским сводом. В геологическом отношении территория характеризуется наличием отложений палеозойского возраста нижнего отдела пермской системы уфимского яруса шешминской свиты, состоящих из аргиллитов красновато-коричневых, песчаников (в том числе медистых), с прослойками из мергелей, известняков и гипса. Четвертичные отложения представлены делювиальными отложениями, чаще всего встречающимися в виде глины и суглинков с дресвой, щебнем и глыбами. Исследуемая территория находится за пределами карстовых районов, проявление карстовых процессов не отмечено [20].

Рельеф изучаемого участка однородный – абсолютные высоты колеблются в пределах 220–240 м [32].

Согласно торфяно-болотному районированию Белое болото относится к Южному лесостепному району, охватывающему всю южную часть Пермского края. На его территории, по данным геологоразведки 60–70-х гг. XX в. [22], разведано 238 торфяных месторождений, занимающих площадь около 10 тыс. га. Общий запас торфа разведанных месторождений в районе – 37,5 млн т. Торфяная залежь преимущественно низинного, реже переходного типов. Торфяные месторождения верхового типа, в крайне ограниченном числе, распространены лишь в нескольких административных районах.

Исследуемый болотный участок, по данным обследования Свердловской геологоразведочной партии 1969 г., имеет площадь в нулевой границе торфяного месторождения – 153 га. Мощность торфяного пласта составляет: средняя – 2,38 м; максимальная – 5,1 м. Объем торфяной толщи – 2 849 тыс. м³ [22].

Белое болото находится в пределах ботанико-географического района широколиственно-елово-пихтовых лесов. Болота в этом ботанико-географическом районе занимают не более 0,5 % территории, большинство из них эвтрофные, только сосно-

вые осоково-сфагновые могут быть отнесены к мезотрофным [16]. Болотная растительность обследованного торфяника Белого болота представлена сосново-пушицево-кустарничково-сфагновыми, сосново-кустарничково-сфагновыми, сосново-кустарничково-осоково-сфагновыми, сосново-березовыми кустарничково-вахтово-сфагновыми, березово-вахтово-сфагновыми и березово-вахтово-осоковыми сфагновыми сообществами. Древесный ярус в разном соотношении формируют *Pinus sylvestris* L. и *Betula pubescens* Ehrh. Кустарниковый ярус образуют ивы – *Salix lapponum* L., *S. rosmarinifolia* L., *S. myrtilloides* L., *S. pentandra* L. В травяно-кустарничковом ярусе наиболее распространены *Menyanthes trifoliata* L., *Eriophorum vaginatum* L., *Equisetum fluviatile* L., *Scheuchzeria palustris* L., различные виды осок и представители вересковых. Практически сплошной моховый покров образован видами рода *Sphagnum*.

Выбор объекта обследования обусловлен несколькими причинами:

– На территории Уинского района имеется несколько болот и заболоченных участков с максимальной глубиной залегания торфяной залежи свыше 5 м. Среди них – Белое болото (5,1 м); Новоселовское (5,4 м); Нижнесыповское II (5,50 м); Усановская согра (6 м) и Уинское болото (6 м) [21,22]. Белое болото не изменено торфяными разработками. Площадь болота достаточна для данного исследования;

– Географическое положение Белого болота в подтаежной зоне смешанных хвойно-широколиственных лесов, перспективно с точки зрения палеорекострукции для изучения седиментационного комплекса. Расположение болота позволяет заполнить лакуну между имеющимися палеоэкологическими данными центральной и юго-восточной (Кунгурская лесостепь) части Пермского Прикамья;

– Транспортная доступность объекта исследования. Непосредственно к границам болота есть надежный автомобильный подъезд. Отсутствие необходимости переноски тяжелого оборудования для промеров глубин на значительное расстояние, от базового лагеря до места работы – значительно повысило скорость полевых работ.

Материал и методика. Методика исследования мощности торфяного пласта. На предполевом этапе, в среде ГИС (ArcGIS (ESRI)), была выполнена векторизация контура открытой (необлесенной) части Белого болота. Для определения местоположения точек, в среде ГИС, была построена сетка 150 x 150 м с равноудаленными друг от друга точками (всего 48 точек) с учетом контура болота. Выбор метода замера торфяной залежи по сетке обусловлен получением значений дна болота с высокой степенью точности для дальнейшего их применения. Полученные точки замера мощности торфяной толщи были перенесены в GPS-навигатор для ориентирования в полевых условиях.

В ходе полевого обследования ООПТ проведены замеры мощности торфяной залежи. Для этого использовался торфяной шуп, состоящий из металлических секций длиной 63 см каждая, которые крепятся друг к другу для наращивания длины инстру-

мента. Общая длина маршрута обследования составила 10,94 км. Продолжительность работ – около 7 часов.

Расчет количественных характеристик – объема и площади торфяной залежи, происходил в среде ГИС (ArcGIS (ESRI)). Расчеты проведены с применением набора инструментов 3D Analyst (инструменты: интерполяция растра, насыпи/выемки) в несколько этапов:

– Подготовка растровых данных поверхности болота. Использование растра с 0-ми значениями высот. Такое решение принято, поскольку поверхность Белого болота можно считать практически ровной. Согласно данным цифровой модели рельефа SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) абсолютные высоты разных участков составляют 227-228 м. С учетом наличия значительной (до 16 м) погрешности данных SRTM [32] по высотам, поверхность болота можно считать ровной;

– Подготовка растровых данных дна болота. Построение растровой поверхности, содержащей данные мощности торфяной залежи, проведены с помощью алгоритма «интерполяция по методу обратно взвешенных расстояний» (ОВР) [33,35]. Метод предполагает, что каждая входная точка имеет влияние, убывающее с расстоянием. Чем ближе точка к обрабатываемой ячейке, тем больше ее вес (функция обратного расстояния). Выбор метода объясняется тем, что результат имеет высокую степень точности при имеющейся достаточно плотной и равномерной выборке входных точек [36];

– Применение инструмента «насыпи/выемки» для определения объема и площади торфяной залежи. Данный инструмент вычисляет площади и объемы выбранных растровых поверхностей, сравнивая их значения друг с другом.

Объемы и площадь торфяного пласта рассчитаны с учетом трех разных характеристик: а) от границы болота (нулевой поверхности торфяного месторождения); б) от границы промышленной мощности торфяной залежи – 0,7 м [2, 22]; в) с вычетом верхнего (1,4 м) рыхлого неразложившегося и полуразложившегося слоя торфа из общего объема торфяника.

Методика геоботанического обследования. В различных болотных сообществах, на пробных площадях площадью 100 м² (далее ПП), проведены геоботанические описания по общепринятым методикам [15, 16, 26]. Названия растений приведены по «Иллюстрированному определителю...» [10]. Эколого-ценотический анализ флоры сообществ, сформировавшихся на торфянике, проведен по характеристикам видов, представленным в базе данных «Флора сосудистых растений Центральной России» Института математических проблем биологии РАН [25]. Для оценки экотопов по экологическим шкалам флористические списки обработаны в программе EcoScaleWin [5,7]. Фитоиндикационный анализ сообществ осуществлен по шкалам Г. Элленберга [29] и Е. Ландольта [30]. Проведен корреляционный анализ экологических характеристик и мощности торфяника с помощью коэффициента Спирмена, который принимает значения от –1 до +1. При использо-





вании коэффициента ранговой корреляции условно оценивают тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента равные 0,3 и менее, показателями слабой тесноты связи; значения 0,4–0,7 – показателями умеренной тесноты связи, а значения 0,7 и более – показателями высокой тесноты связи [24].

Результаты и их обсуждение

Болотная растительность, сформировавшаяся на торфяной залежи охраняемой территории неоднородна. Выявлены различные вариации сосново-кустарничково-сфагновых и пушистоберезовых вахтово-сфагновых сообществ. Варианты пушистоберезовых вахтово-сфагновых сообществ занимают наиболее сырые и обводненные участки (табл.1 / table 1).

Таблица 1



Разнообразие растительных сообществ Белого болота





Описание сообщества	Фото сообщества
<p>ПП 1. Сосново-пушицево-кустарничково-сфагновое сообщество. Формула древостоя 10С+Б. Кроме <i>Pinus sylvestris</i> L. в древостое единично встречается <i>Betula pubescens</i> Ehrh. Немногочисленны высохшие деревья. Средняя высота разреженного древесного яруса 8 м. Из кустарников единично отмечены <i>Salix rosmarinifolia</i> L., <i>S. myrtilloides</i> L. В травянисто-кустарничковом ярусе преобладают <i>Eriophorum vaginatum</i> L. и <i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench. В мочажинах произрастают <i>Scheuchzeria palustris</i> L., <i>Menyanthes trifoliata</i> L. и осоки (<i>Carex rostrata</i> Stokes, <i>C. lasiocarpa</i> Ehrh., <i>C. canescens</i> L.). В сообществе зафиксированы <i>Corallorhiza trifida</i> Chatel. и <i>Dactylorhiza maculate</i> (L.) Soo, занесенные в Приложение к Красной книге Пермского края, как виды, нуждающиеся в особом внимании к их состоянию в природной среде [19]. Мощность торфяной залежи под сообществом составляет 2,39 м.</p>	
<p>ПП 2. Сосново-кустарничково-сфагновое сообщество. Формула древостоя 10С. Средняя высота древостоя 9 м. Кустарники отсутствуют. Выраженными доминантами травяно-кустарничкового яруса являются <i>Ledum palustre</i> L. и <i>Vaccinium uliginosum</i> L. Кроме них встречаются <i>Eriophorum vaginatum</i> L., <i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench, <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Andromeda polifolia</i> L. Мощность торфа под сообществом составляет 2,69 м.</p>	
<p>ПП 3. Пушистоберезовое вахтово-сфагновое сообщество. Формула древостоя 10Б+С,Е. Древесный ярус сильно разрежен, его образует <i>Betula pubescens</i> Ehrh.. Единично встречаются <i>Pinus sylvestris</i> L. и <i>Picea obovata</i> Ledeb. Средняя высота древостоя 7 м. Кустарниковый ярус образуют <i>Salix lapponum</i> L., <i>S. pentandra</i> L., <i>S. myrtilloides</i> L. В травяно-кустарничковом ярусе преобладает <i>Menyanthes trifoliata</i> L. Здесь произрастают также <i>Equisetum fluviatile</i> L., <i>Cicuta virosa</i> L., <i>Naumburgia thyrsiflora</i> (L.) Reichenb., <i>Comarum palustre</i> L., <i>Scheuchzeria palustris</i> L., <i>Eriophorum polystachyon</i> L., <i>Carex rostrata</i> Stokes, <i>C. disperma</i> Dew., <i>C. limosa</i> L. и др. виды. Зафиксирован <i>Dactylorhiza maculate</i> (L.) Soo, занесенный в Приложение к Красной книге Пермского края [19]. Мощность торфа под сообществом составляет 2,91 м.</p>	
<p>ПП 4. Сосновое кустарничково-осоково-сфагновое сообщество. Формула древостоя 10С. Средняя высота <i>Pinus sylvestris</i> L. 4 м. Все более высокие деревья сухие. Древостой крайне разрежен. Кустарники отсутствуют. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают <i>Carex nigra</i> (L.) Reichard и <i>Andromeda polifolia</i> L. На микровозвышениях произрастает <i>Ledum palustre</i> L., в мочажинах – <i>Menyanthes trifoliata</i> L., <i>Scheuchzeria palustris</i> L. Мощность торфяной залежи – 4,66 м.</p>	

Описание сообщества	Фото сообщества
<p>ПП 5. Березовое вахтово-осоково-сфагновое сообщество. Формула древостоя 7Б3С+Ол,Е. В древостое кроме <i>Betula pubescens</i> Ehrh. встречаются <i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Alnus incana</i> (L.) Moench, <i>Picea obovata</i> Ledeb. Средняя высота деревьев 11 м, сомкнутость крон 0,3. Произрастают единичные экземпляры <i>Salix lapponum</i> L. и <i>S. myrtilloides</i> L. В травяно-кустарничковом ярусе преобладает <i>Menyanthes trifoliata</i> L. и <i>Carex vesicaria</i> L. Отмечены также <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud., <i>Rubus arcticus</i> L., <i>Comarum palustre</i> L., <i>Eriophorum vaginatum</i> L., <i>Carex elongata</i> L., <i>C. nigra</i> (L.) Reichard. Мощность торфяной залежи – 3,28 м.</p>	
<p>ПП 6. Сосново-березовое кустарничково-вахтовое сообщество. Формула древостоя 5Б5С. Средняя высота деревьев составляет 6 м, сомкнутость крон 0,2. Разреженный кустарничковый ярус формируют <i>Salix myrtilloides</i> L., <i>S. lapponum</i> L. Травяно-кустарничковый ярус образован <i>Menyanthes trifoliata</i> L., <i>Equisetum fluviatile</i> L. и представителями вересковых – <i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench, <i>Andromeda polifolia</i> L., <i>Oxycoccus palustris</i> Pers. В мочажинах со стоячей водой произрастают <i>Calla palustris</i> L., <i>Utricularia intermedia</i> Хаупе. Мощность торфа под сообществом составляет 1,64 м.</p>	

Table 1

Diversity of vegetation communities of the Beloe Bog

Community Description	Community photo
<p>Sample area (further - SA) 1. Pine-cottongrass-dwarf shrub-sphagnum bog. Forest stand formula 10P+B. Besides <i>Pinus sylvestris</i> L. there is also <i>Betula pubescens</i> Ehrh. There are few dried trees. The average height of a sparse tree layer is 8 m. In the shrub layer grow <i>Salix rosmarinifolia</i> L., <i>S. myrtilloides</i> L. The herb layer is dominated by <i>Eriophorum vaginatum</i> L. and <i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench. The hollows are home to <i>Scheuchzeria palustris</i> L., <i>Menyanthes trifoliata</i> L. and sedges (<i>Carex rostrata</i> Stokes, <i>C. lasiocarpa</i> Ehrh., <i>C. canescens</i> L.). <i>Corallorhiza trifida</i> Chatel. and <i>Dactylorhiza maculate</i> (L.) Soo occur in the herb layer. These two species are included in the Appendix to the Red List of the Perm region. [Приказ]. The depth of the peat layer is 2.39 m.</p>	
<p>SA 2. Pine-dwarf shrub-sphagnum community. Forest stand formula 10P. The average height of the stand is 9 m. There are no shrubs. The dominants of the herb layer are <i>Ledum palustre</i> L. and <i>Vaccinium uliginosum</i> L. There are also <i>Eriophorum vaginatum</i> L., <i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench, <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Andromeda polifolia</i> L. The depth of the peat layer is 2.69 m.</p>	

Community Description	Community photo
<p>SA 3. Birch-menyantes-sphagnum community. Forest stand formula 10B+P,S. The tree layer is highly sparse; it is formed by <i>Betula pubescens</i> Ehrh. Single trees <i>Pinus sylvestris</i> L. and <i>Picea obovata</i> Ledeb grow. The average height of the stand is 7 m. The shrub layer is formed by <i>Salix lapponum</i> L., <i>S. pentandra</i> L., <i>S. myrtilloides</i> L. <i>Menyanthes trifoliata</i> L. predominates among herbs. There are also <i>Equisetum fluviatile</i> L., <i>Cicuta virosa</i> L., <i>Naumburgia thyrsiflora</i> (L.) Reichenb., <i>Comarum palustre</i> L., <i>Scheuchzeria palustris</i> L., <i>Eriophorum polystachyon</i> L., <i>Carex rostrata</i> Stokes, <i>C. disperma</i> Dew., <i>C. limosa</i> L. and other species. <i>Dactylorhiza maculate</i> (L.) Soo was registered, which is listed in the Appendix to the Red Book of the Perm Krai [Приказ]. The depth of the peat layer is 2.91 m.</p>	
<p>SA 4. Pine-dwarf shrub-sedge-sphagnum community. Forest stand formula 10P. The average height of <i>Pinus sylvestris</i> L. is 4 m. All taller trees are dry. The stand is extremely sparse. There are no shrubs. The dominants of the herb layer are <i>Carex nigra</i> (L.) Reichard and <i>Andromeda polifolia</i> L. <i>Ledum palustre</i> L. grows on small rises, the hollows are home to <i>Menyanthes trifoliata</i> L., <i>Scheuchzeria palustris</i> L. The depth of the peat layer is 4.66 m.</p>	
<p>SA 5. Birch-menyantes-sedge-sphagnum community. Forest stand formula 7B3P+Al,S. In the stand, except for <i>Betula pubescens</i> Ehrh. there are <i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Alnus incana</i> (L.) Moench, <i>Picea obovata</i> Ledeb. The average height of the trees is 11 m, the crown density is 0.3. <i>Salix lapponum</i> L. and <i>S. myrtilloides</i> L. are unique. The dominants of the herb layer are <i>Menyanthes trifoliata</i> L. and <i>Carex vesicaria</i> L. There are also <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud., <i>Rubus arcticus</i> L., <i>Comarum palustre</i> L., <i>Eriophorum vaginatum</i> L., <i>Carex elongata</i> L., <i>C. nigra</i> (L.) Reichard. The depth of the peat layer is 3.28 m.</p>	
<p>SA 6. Pine-birch-dwarf shrub-menyantes-sphagnum. Forest stand formula 5B5P. The average height of the trees is 6 m, the crown density is 0.2. The shrub layer is sparse; it is formed by <i>Salix myrtilloides</i> L., <i>S. lapponum</i> L. The herb layer is formed by <i>Menyanthes trifoliata</i> L., <i>Equisetum fluviatile</i> L., <i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench, <i>Andromeda polifolia</i> L., <i>Oxycoccus palustris</i> Pers. The hollows are home to <i>Calla palustris</i> L., <i>Utricularia intermedia</i> Hayne. The depth of the peat layer is 1.64 m.</p>	

Площадь исследуемой поверхности болота составляет 1 205 875 м² (120,6 га). Площадь поверхности болота в пределах распространения промышленной мощности торфа [2] меньше на 6% и равна 1 131 875 м² (113,2 га).

Рассчитанная мощность торфяной толщи (рис. 1/ fig. 1) варьирует в пределах от 1,16 до 5,41 м. Средняя мощность – 3,51 м. Полученные результаты позволяют обновить и уточнить фондовые данные геологической разведки 1969 г., по которым максимальная мощность торфяного пласта составляла 5,10 м, а средняя – 2,82 м [22].

Общий объем торфяной толщи составил 3 397 600,17 м³, что на 548,6 тыс. м³ больше указанных ранее данных [22]. Объем торфяной толщи, в пределах распространения промышленной мощности, составил 3 367 581,48 м³. Рассчитанный объем с вычетом 1,4 м рыхлого полуразложившегося торфа, составил 2 085 630,49 м³, что на 39% меньше общего объема торфяной залежи.

Оценка запаса торфа в торфяной залежи Белого болота в сыром (средняя плотность 1 г/см³) и сухом (средняя плотность 0,2 г/см³) виде была проведена по трем показателям объема (табл.2 / table 2).

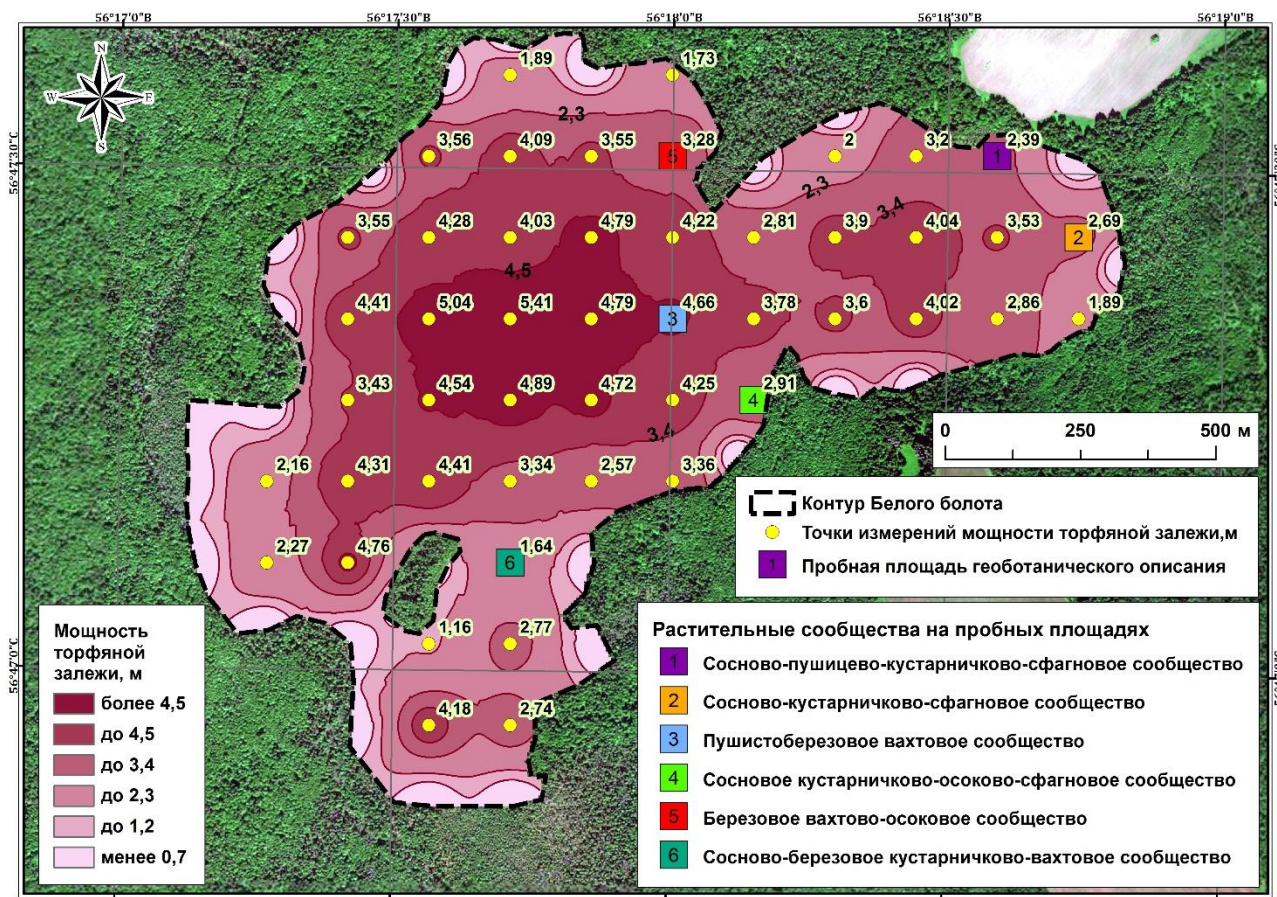


Рис. 1. Мощность торфяной залежи Белого болота

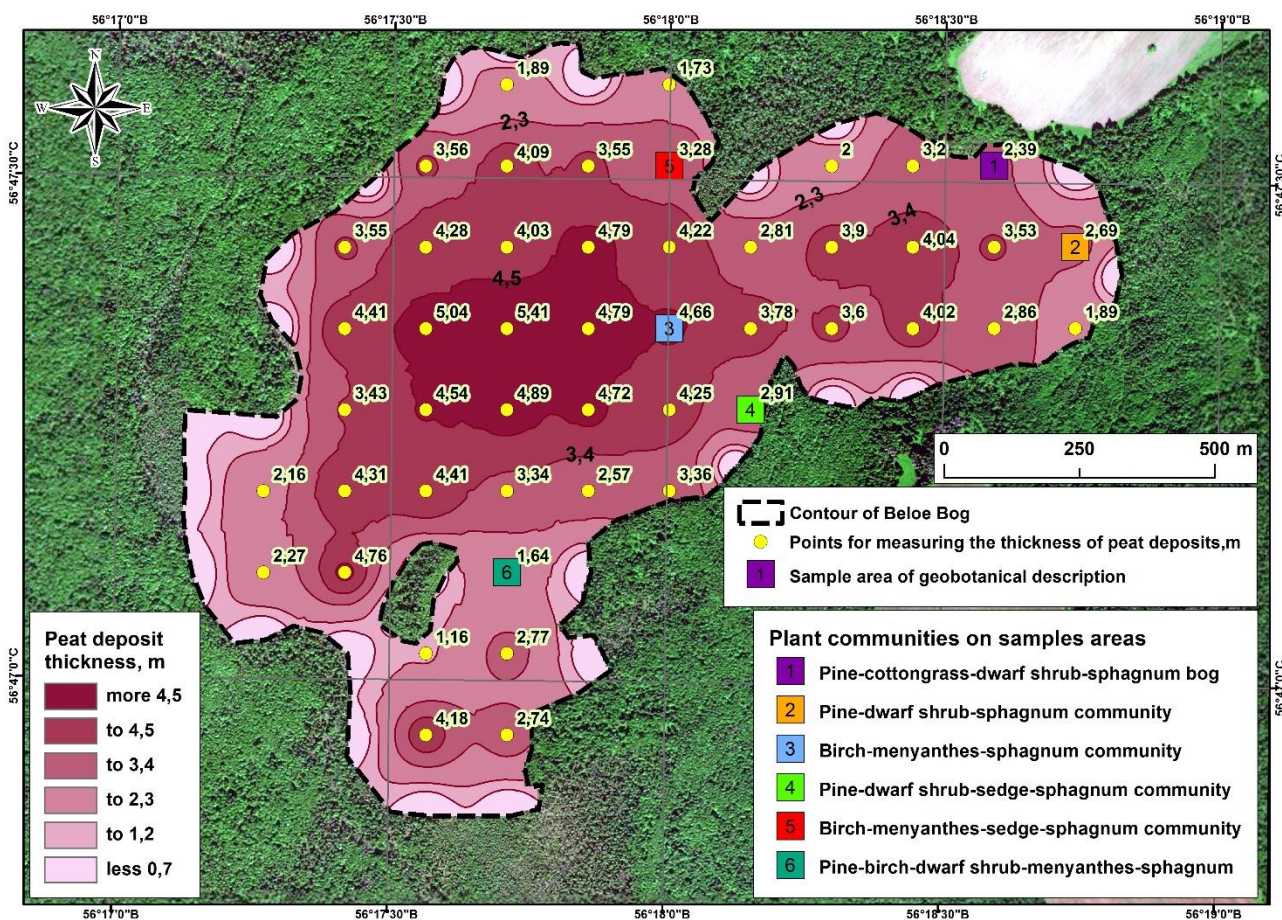


Fig. 1. Thickness of the peat deposit of the Beloe Bog

Таблица 2

Оценка запаса торфа Белого болота

	Объем торфяной залежи, м ³	Запас торфа, т	
		в сыром виде	в сухом виде
Общий объем торфяной залежи	3 397 600,17	3 397 600,17	679 520,03
Объем в пределах промышленной мощности торфа	3 367 581,48	3 367 581,48	673 516,29
Объем с учетом поправки в 1,4 м рыхлого слоя торфа	2 085 630,49	2 085 630,49	417 126,10

Table 2

Assessment of the peat stock of the Beloe Bog

	Peat deposit volume, m ³	Peat stock, t	
		raw	dry
The total volume of peat deposit	3 397 600,17	3 397 600,17	679 520,03
Volume within the industrial thickness of peat	3 367 581,48	3 367 581,48	673 516,29
Volume 1.4 m of loose peat layer	2 085 630,49	2 085 630,49	417 126,10

Эколого-ценотический анализ флоры сообществ показал, что на заложённых площадках произрастают представители четырех эколого-ценотических групп (табл. 3 / table 3).

Таблица 3

Представленность эколого-ценотических групп флоры на площадках обследования

Экол.-ценот. группы флоры	ПП 1		ПП 2		ПП 3		ПП 4		ПП 5		ПП 6	
	Число видов	Доля видов, %	Число видов	Доля видов, %	Число видов	Доля видов, %	Число видов	Доля видов, %	Число видов	Доля видов, %	Число видов	Доля видов, %
Br	3	15	-	0	2	10	-	0	2	12	1	7
Pn	1	5	2	29	1	5	1	10	1	6	1	7
Nt	-	0	-	0	2	10	-	0	2	12	1	7
Wt	16	80	5	71	15	75	9	90	11	70	11	79

Примечание: эколого-ценотические группы: Br – бореальная; Pn – боровая; Nt – нитрофильная; Wt – водно-болотная.

Table 3

Representation of ecological-coenotic groups on the sample areas

Group	SA 1		SA 2		SA 3		SA 4		SA 5		SA 6	
	Number of species	Share of species, %	Number of species	Share of species, %	Number of species	Share of species, %	Number of species	Share of species, %	Number of species	Share of species, %	Number of species	Share of species, %
Br	3	15	-	0	2	10	-	0	2	12	1	7
Pn	1	5	2	29	1	5	1	10	1	6	1	7
Nt	-	0	-	0	2	10	-	0	2	12	1	7
Wt	16	80	5	71	15	75	9	90	11	70	11	79

Note: ecological-coenotic groups: Br – Boreal; Pn – PineForest; Nt – Nitrophillous; Wt – Water-Swamp.

Доминируют на всех площадках описания растительности представители водно-болотной группы. В сосново-кустарничково-сфагновых сообществах, в отличие от пушистоберезовых вахтово-сфагновых, отсутствуют представители нитрофильной группы, а в двух из трех сосново-кустарничково-сфагновых сообществах отсутствуют также представители бореальной группы. Во всех пушистоберезовых вахтово-сфагновых сообществах отмечены представители

всех групп, но боровую группу в них представляет только *Pinus sylvestris* L.

Корреляционный анализ (табл. 4 / table 4) между величиной доли видов различных эколого-ценотических групп и глубиной залегания торфа под сообществами показал наличие умеренной связи для доли представителей боровой группы и высокой тесноты связи для водно-болотной группы. Коэффициент корреляции для бореальной и нитрофильной группы показал слабую тесноту связи.

Таблица 4

**Значения коэффициента корреляции между долями видов
различных эколого-ценотических групп с глубинами торфа**

	Эколого-ценотические группы			
	Br – бореальная	Pn – боровая	Nt – нитрофильная	Wt – водно-болотная.
Коэффициент корреляции Спирмена	- 0,09	0,62	- 0,08	0,78

Table 4

Correlation coefficient between the share ecological-coenotic groups of species with peat depths

	Ecological-coenotic groups			
	Br – Boreal	Pn – PineForest	Nt – Nitrophillous	Wt – Water-Swamp.
Spearman's rank correlation coefficient	- 0,09	0,62	- 0,08	0,78

При оценке экологических параметров местообитаний по шкалам Эллэнберга (табл. 5 / table 5) прослеживаются различия характеристик пробных геоботанических площадок с сосново-кустарничково-сфагновыми и пушистоберезовыми вахтово-сфагновыми сообществами. Сосново-кустарничково-сфагновые сообщества формируют растения более прохладного климата, кроме того, этот тип сообществ формируется на участках с более кислым субстратом и на участках более бедных минералами. Среди всех пробных площадей по своим характеристикам выде-

ляется сосново-кустарничково-сфагновое сообщество (пробная площадка №2), сформировавшееся на торфяной толще мощностью 2,69 м: для него характерны значительно более низкие показатели светолюбия, увлажненности и кислотности почв, а также самый высокий показатель континентальности климата.

Коэффициент корреляции свидетельствует о наличии высокой тесноты связи между глубинами торфа и показателями шкал светолюбия, континентальности, кислотности и богатства почв элементами минерального питания.

Таблица 5

**Экологические параметры местообитаний болотных сообществ по шкалам Эллэнберга
и результаты их корреляционного анализа с глубинами торфа**

№ ПП	Сообщество	L _E	T _E	K _E	F _E	R _E	N _E
1	Сосново-пушицево-кустарничково-сфагновое	7,47	4,2	5,52	8,84	2,74	2,15
2	Сосново-кустарничково-сфагновое	6,61	4,2	6,2	8,13	1,84	1,84
3	Пушистоберезовое вахтово-сфагновое	7,49	4,9	5	8,91	3,95	3,06
4	Сосновое кустарничково-осоково-сфагновое	7,72	4,27	5	8,76	2,05	1,64
5	Березовое вахтово-осоково-сфагновое	7,03	4,62	5	8,77	4,41	3,07
6	Сосново-березовое кустарничково-вахтовое	7,31	4,67	5,62	9,08	3,56	2,5
	Коэффициент корреляции Спирмена	0,88	0,62	0,83	0,26	0,79	0,92

Примечание: шкалы Г. Эллэнберга: L_E – светолюбия, T_E – температуры, K_E – континентальности, F_E – увлажнения почв, R_E – кислотности почв, N_E – богатства почв элементами минерального питания.

Table 5

Ecological parameters of bog habitats (Ellenberg scale) and the correlation with peat depths

№ SA	Vegetation community	L _E	T _E	K _E	F _E	R _E	N _E
1	Pine-cottongrass-dwarf shrub-sphagnum	7,47	4,2	5,52	8,84	2,74	2,15
2	Pine- dwarf shrub-sphagnum	6,61	4,2	6,2	8,13	1,84	1,84
3	Birch-menyanthes-sphagnum	7,49	4,9	5	8,91	3,95	3,06
4	Pine-dwarf shrub- sedge-sphagnum	7,72	4,27	5	8,76	2,05	1,64
5	Birch-menyanthes-sedge-sphagnum	7,03	4,62	5	8,77	4,41	3,07
6	Pine-birch -dwarf shrub-menyanthes-sphagnum	7,31	4,67	5,62	9,08	3,56	2,5
	Spearman's rank correlation coefficient	0,88	0,62	0,83	0,26	0,79	0,92

Note: G. Ellenberg's scale: L_E – light, T_E – temperature, K_E – continentality, F_E – moisture, R_E – reaction, N_E – nutrient.

По показателям шкал Ландольта (табл. 6 / table 6) так же прослеживаются различия между сосново-кустарничково-сфагновыми и пушистоберезовыми вахтово-сфагновыми сообществами. Значения шкал свидетельствуют, что сосново-кустарничково-сфагновые сообщества образуют растения более холодного и континентального климата, а также, что эти сообщества формируются на более кислых и менее богатых минералами участках. Кроме того, этот тип сообществ образуют растения с большими требованиями к содержанию гумуса или торфа в субстрате. Характеристики пробной площади № 2 с сосново-кустарничково-сфагновым сообществом, как и по по-

казателям шкал Элленберга, выделяются среди всех более низкими значениями увлажнения, кислотности, температуры, а также более высокими показателями континентальности и гранулометрического состава.

Корреляционный анализ экологических параметров по шкалам Ландольта с глубинами торфа свидетельствует о гораздо меньшей тесноте связи, чем тот же анализ с показателями шкал Элленберга. Так, тесная связь экологических характеристик и глубины торфа не была выявлена совсем. Степень связанности показателей гумусированности почв, светолюбия, температуры, континентальности с мощностью торфяного пласта отмечена лишь умеренная.

Таблица 6

Экологические параметры местообитаний растительных сообществ по шкалам Ландольта и их связь с глубинами торфа

№ ПП	Сообщество	F _L	R _L	N _L	H _L	D _L	L _L	T _L	K _L
1	Сосново-пушицево-кустарничково-сфагновое	4,37	1,7	1,72	5	1	3,95	3,05	3
2	Сосново-кустарничково-сфагновое	3,97	1	1,75	5	1,25	3,7	2,95	3,4
3	Пушистоберезовое вахтово-сфагновое	4,31	2,57	2,15	4,79	1,21	3,8	3,22	2,8
4	Сосновое кустарничково-осоково-сфагновое	4,41	1,52	1,48	5	1	4	3,02	3,04
5	Березовое вахтово-осоково-сфагновое	4,27	2,43	2,17	4,69	1,12	3,75	3,28	2,86
6	Сосново-березовое кустарничково-вахтовое	4,42	2,45	1,85	4,82	1,18	3,85	3,27	2,62
	Коэффициент корреляции Спирмена	0,09	- 0,17	-0,21	0,50	0,10	0,62	0,41	0,43

Примечание: шкалы Е. Ландольта: F_L – увлажнения почвы, R_L – кислотности почвы, N_L – богатства почвы элементами минерального питания, H_L – гумусированности почвы, D_L – гранулометрического состава почвы (дефицита аэрации), L_L – светолюбия, T_L – температуры, K_L – континентальности.

Table 6

Ecological parameters of bog habitats (Landolt scale) and the correlation with peat depths

№ SA	Vegetation community	F _L	R _L	N _L	H _L	D _L	L _L	T _L	K _L
1	Pine-cottongrass-dwarf shrub-sphagnum	4,37	1,7	1,72	5	1	3,95	3,05	3
2	Pine- dwarf shrub-sphagnum	3,97	1	1,75	5	1,25	3,7	2,95	3,4
3	Birch-menyanthes-sphagnum	4,31	2,57	2,15	4,79	1,21	3,8	3,22	2,8
4	Pine-dwarf shrub-sedge-sphagnum	4,41	1,52	1,48	5	1	4	3,02	3,04
5	Birch-menyanthes-sedge-sphagnum	4,27	2,43	2,17	4,69	1,12	3,75	3,28	2,86
6	Pine-birch-dwarf shrub-menyanthes-sphagnum	4,42	2,45	1,85	4,82	1,18	3,85	3,27	2,62
	Spearman's rank correlation coefficient	0,09	- 0,17	-0,21	0,50	0,10	0,62	0,41	0,43

Note: E. Landolt's scale: F_L – moisture, R_L – soil reaction, N_L – nutrient, H_L – soil humidity, D_L – dispersion, L_L – light, T_L – temperature, K_L – continentality.

Дискуссия

Пространственная тактика измерения глубин торфяников. На сегодняшний день, при поисково-оценочных работах, используется метод замеров торфяной толщи с применением приборов – русского бура или торфяного шупа, по системе, состоящей из одного магистрального хода и нескольких поперечников [11, 18]. Число поперечников, а также шаг между точками замеров, определяется исходя из площади болота. Например, для Белого болота (113 га в границах распространения промышленной глубины торфяной залежи), при использовании такого подхода, объем промеров составил бы 1 магистральный ход и 3 поперечника, а расстояние между точками промеров –

100 метров. Поскольку обследованное болото имеет неправильную форму (как и значительная часть болот вообще), использование такой тактики привело бы к тому, что значительные участки болота остались неизмеренными. Следовательно, возросла бы погрешность, особенно в периферийных частях. Вероятно, вышеописанный метод [11, 18] лучше подходит для существенно более крупных болот, где большая часть торфяника приходится на некий центральный массив или массивы, а также для случаев, когда время обследования сильно ограничено.

Использованная нами тактика измерений, предполагает выбор мест промеров по регулярной сетке. Такой подход соотносится с изучением геометрических

параметров болотных участков путем применения геофизических методов – использование георадаров [12,28]. Одна из основных задач таких методов – осуществить замеры на всей поверхности исследуемого объекта последовательно и с определенным шагом. С нашей точки зрения выбранная тактика замеров глубин лучше подходит для небольших болот неправильной формы.

Частота замеров глубин торфяника и затраты времени. Осуществление промеров мощности торфяной залежи в полевых условиях – трудоемкий процесс. Одно из основных ограничений для таких исследований почти всегда – время. В зависимости от площади и формы болота, а также ожидаемого результата необходимо тщательно подходить к выбору маршрутной сетки промеров.

Для создания некоторого представления о затратах времени на измерения мощности торфяной залежи подготовлена соответствующая таблица (табл.7 / table 7). Таблица подготовлена для трёх вариантов маршрутных сеток разной размерности. Расчет выполнен для Белого болота (площадь 120,6 га) и условного болота правильной (прямоугольной) формы с площадью 1000 га. Расчеты времени основывались на длине рабочего дня, установленной на законодательном уровне в Российской Федерации – не более 40 часов в неделю или 8 часов в день [23]. Время, потраченное на промеры мощности и преодоление маршрута, рассчитано с учетом собственного опыта полевых работ.

Таблица 7

Трудоемкость измерения мощности торфяной залежи болот торфяным щупом

Параметры трудоемкости измерений	Болото 1 (площадь 120,6 га)			Болото 2 (площадь 1000 га)		
	<i>Маршрутная сетка</i>			<i>Маршрутная сетка</i>		
	100x100 м	150x150 м	200x200 м	100x100 м	150x150 м	200x200 м
Кол-во точек измерения глубин, шт	109	48	31	1000	459	260
Примерная длина маршрута, км	12,8	10,9	7,6	100,1	68,7	52,1
Время, потраченное на измерение мощности торфяника*, ч	7,3	3,2	2,1	66,7	30,6	17,3
Время, потраченное на преодоление маршрута, ч	4,5	3,8	2,7	34,8	23,9	18,1
Затраты времени всего, ч	11,8	7	4,8	101,5	54,5	35,4
Трудозатраты, рабочих дней**	2	1	1	13	7	5

*В среднем, время, потраченное на один промер – 4 минуты, включая накручивание и скручивание секций торфяного щупа, попадание возможных препятствий (остатки деревьев в торфяной толще), запись результатов в полевой журнал.

** На территории Российской Федерации норма рабочего времени – 8-часовой рабочий день [23].

Table 7

Labor intensity of peat deposits measuring thickness by hand tester

	Bog 1 (area 120,6 ha)			Bog 2 (area 1000 ha)		
	<i>Grid cell of measurement</i>			<i>Grid cell of measurement</i>		
	100x100 m	150x150 m	200x200 m	100x100 m	150x150 m	200x200 m
Number of measurement points, pcs.	109	48	31	1000	459	260
Approximate route length, km	12,85	10,94	7,68	100,1	68,76	52,13
Time spent on measuring thickness of peat *, h	7,3	3,2	2,1	66,7	30,6	17,3
Time spent on the route, h	4,5	3,8	2,7	34,8	23,9	18,1
Total time, h	11,8	7	4,8	101,5	54,5	35,4
Total time, working days**	2	1	1	13	7	5

* On average, the time spent on one measurement is 4 minutes, including twisting and twisting sections of the peat probe, hitting possible obstacles (tree remains in the peat mass), making entries in the field log.

** On the territory of the Russian Federation, the working time norm is an 8-hour working day.

Общая продолжительность полевых работ настоящего исследования была ограничена. Поэтому частота промеров глубин, должна была позволить провести весь комплекс работ за 1 рабочий день. Такому условию удовлетворяла сетка с шагом в 150 м.

При сетке с шагом в 100 м на промеры потребовалось бы 2 рабочих дня. При сетке с шагом 200 м, модель имела бы большую погрешность, поскольку болото неправильной формы, многие краевые участки

остались бы неизмеренными. Расчеты показали, что для подобных исследований на болотах с площадью около 1 тыс. га, требуется проведение исследований, длительностью не менее 5 (а лучше 7-13) рабочих дней.

Палеоэкологические перспективы исследования. Несмотря на достаточно активное развитие работ по изучению палеоархивов региона за последние 10 лет, общий объем прямых знаний об экологической обста-

новке Пермского Прикамья в голоцене остается сравнительно небольшим. Существенно большей степенью палеоэкологической изученности отличаются Приполярный Урал, восточный склон Среднего Урала и Южный Урал.

В пермской части Предуралья относительно изученными можно считать два района: Верхнекамье от г. Соликамска до пос. Гайны, а также район центрального и юго-восточного Прикамья.

По Верхнекамскому району опубликованы результаты исследования седиментационных комплексов почти более чем десятку мест, в основном вдоль долины Камы [6,13,14]. Для второго района отобрано, проанализировано или находится в стадии обработки 10 колонок торфа и озёрных отложений. По части из них, данные опубликованы [27,34].

Одной из наименее изученных наряду с горной частью и большей частью северо-запада Прикамья, остается южная и юго-западная подтаежная часть пермского Предуралья. В этой связи выбор Белого болота, которое находится в 35-40 км западнее окраины Кунгурской лесостепи (юго-восток региона), в качестве объекта исследования, представляется актуальным. В том числе и для получения новых палеоэкологических данных.

Помимо палинологических сведений, дающих прямую основу для реконструкции растительного покрова прошлого, ценным представляется и изучение динамики накопления углерода. Анализ изменений этого параметра интересен как сам по себе, с точки зрения биогеохимии, так и в связи с его корреляцией с климатическими условиями. В том числе, в связи с современным изменением климата.

Кроме описанных в нашей статье измерений глубины торфяного пласта и обследований растительности, во время полевых работ был также проведён отбор торфяной колонки. Её глубина, вплоть до минерального водоупора из глин, составила 445 см. В настоящее время, проводится лабораторное определение содержания биогенного углерода (потери при прокаливании при температуре 550°C). Пробы для этого параметра отбираются с каждого сантиметра по всей глубине колонки. Отобраны образцы на палинологическое обследование и радиоуглеродное датирование, собраны растительные макроостатки. Результаты этой работы необходимо сравнить со сведениями, полученными с ближайших палеоархивов, по которым такие работы проведены или проводятся сейчас. К ним относятся: Пальтинское болото (на севере), Вяткинское, Круглое, Осинное озеро (на северо-востоке), Уинское и Воскресенское болото (на востоке).

Дискуссия о связи мощности торфяника и экологических характеристик местообитаний болотных сообществ. Постоянное закономерное взаимодействие внутри болотных экосистем позволяет предполагать возможность использования растительности для индикации характера и мощности торфяной залежи. Результаты корреляционного анализа продемонстрировали наличие связи между экологическими параметрами фитоценозов и глубинами торфяной залежи. Важно отметить несогласованность между данными,

полученными с использованием двух разных экологических шкал. Вероятно, это связано с ограниченностью материала исследования. Целесообразно в будущем провести подобное исследование с описанием растительных сообществ в каждой точке промера глубин торфяника. Точность исследования может повысить определение и включение в анализ сфагновых мхов, что позволяет сделать программный продукт EcoScaleWin.

Известно, что экологические параметры и значимость фитоиндикаторов мощности торфяной залежи сильно варьируют в зависимости от географического положения болотных систем. Для Западной Сибири установлено [3], что среди фитоценозов олиготрофных типов достаточно надёжные индикаторы характера и мощности торфяных отложений – сосново-кустарничково-сфагновые, сосново-пушицево-сфагновые и сосново-осоково-сфагновые сообщества. Но в различных природных зонах, на болотах различных типов, и при разном пространственном положении внутри болот, подобные фитоценозы могут индизировать различную мощность торфяной залежи. Так, в южной половине подзоны западносибирской средней тайги, в центральных участках крупных болот, сосново-кустарничково-сфагновые фитоценозы – индикаторы залежи мощностью до 3,6 м. На окраинах крупных олиготрофных болот и в центральных участках небольших сравнительно молодых болот – мелкозалежных торфяных отложений со средней мощностью 1,0 м. В южной тайге в центральных участках болот сосново-кустарничково-сфагновые сообщества – индикаторы торфяников мощностью до 4,0 м. По периферии рямов средние мощности торфа под этими фитоценозами падают до 2,1 м. В подтайге такой тип сообществ индизирует залежи мощностью 4 м и более. В лесостепи центральные участки рямов, занятые сосново-кустарничково-сфагновыми сообществами, служат индикаторами залежи мощностью, колеблющейся в широких пределах 1,75–7,25 м [3].

В пределах Белого болота сосново-кустарничково-сфагновое сообщество расположено на окраине болота, на участке торфяника мощностью 2,69 м, что не соответствует среднему показателю мощности торфа для зоны подтайги в Западной Сибири, но укладывается в достаточно широкие рамки показателя средней мощности для зоны лесостепи.

Перспективно также определение факторов, определяющих пространственную структуру растительности торфяных болот с использованием экологических шкал и результатов химического анализа болотных вод. Исследование такого рода проведено для ключевых болот горно-таежного пояса Южного Урала, где в большинстве случаев результаты, полученные с использованием экологических шкал различных авторов, показали хорошую согласованность друг с другом и с данными аналогичных исследований, проведенных на территории Европы и Северной Америки [8]. Перспективным представляется проведение подобной серии обследований болот и в Пермском крае.

При обнаружении четкой взаимосвязи характера растительности, глубин торфяника, химического состава болотных вод возможна экстраполяция данных на торфяники соответствующих природных районов с использованием ГИС с целью мониторинга и прогнозирования состояния болотных экосистем. При этом идентификация типов болотных сообществ возможна путём дешифрирования разносезонных космических снимков по эталонным описанным участкам [9].

Ограничения настоящего исследования. Полученные данные имеют определенные ограничения по точности. Основными следует считать: используемые размеры сетки, а также вид подстилающих торфяник пород.

Для настоящей работы «шаг» измерений составлял 150 м. В случае повышения частоты «шага» сетки промеров глубин до 100 м, точность полученной 3D-модели торфяника была бы существенно выше. Одним из перспективных направлений работы может служить повторный промер глубин торфяного пласта Белого болота с размерностью сетки 100x100 м, и дальнейшее сравнение с данными, полученными по сетке 150x150 м. Это позволит численно установить коэффициент снижения точности 3D-модели в зависимости от размера ячейки в сетке промеров глубин.

Подстилающими породами торфяника на Белом болоте были глины. Граница между торфом и слоем глин не идентифицировалась щупом достаточно надежно из-за их мягкости. Поэтому определение глубин, по-видимому, давало некоторую положительную погрешность. Так, наибольшая глубина торфяника по измерениям щупа была 541 см. Глубина торфяной колонки в этой же точке показала, что торф залегает до 445 см, а ниже идет глина. По-видимому, для болот, где в роли подстилающих пород выступают отложения преимущественно более грубого механического состава, непроницаемые для металлического щупа (например, Уинское болото), такие погрешности будут не характерны.

Заключение

Объект исследования – Белое болото, сравнительно небольшое верховое болото, расположенное в Уинском районе Пермского края.

Для изучения мощности торфяного пласта проведен замер глубин в точках, равномерно распределенных по площади болота с интервалом 150 м. Полученные результаты позволяют обновить и уточнить фондовые данные геологической разведки 1969 г. Так, площадь болота составляет 1 205, 8 тыс. м². Рассчитанная мощность торфяной толщи варьирует в пределах от 1,16 до 5,41 м. Средняя мощность – 3,51 м. Общий объем торфяной толщи составил 3,39 млн м³. Объем торфяной толщи, в пределах распространения промышленной мощности торфа – 3,37 млн м³. Рассчитанный объем с вычетом 1,4 м рыхлого полуразложившегося торфа, составил 2,09 млн м³.

Проведена оценка запаса торфа в торфяной залежи Белого болота. Общий запас торфа оценивается в 3,39 млн т – в сыром виде и 0,68 млн т – в сухом виде. Запас торфа в пределах промышленной мощности торфа оценивается в 3,37 млн т – в сыром виде и 0,67 млн т – в сухом виде. Запас торфа с учетом по-

правки в 1,4 м рыхлого слоя торфа оценивается в 2,09 млн т – в сыром виде и 0,42 млн т – в сухом виде.

Точность полученных данных ограничена размерностью сетки осуществления замеров мощности торфяной залежи, подстилающими породами торфяника, состоящими из глин, а также небольшим количеством собранных материалов геоботанических описаний.

Рассчитанные данные о затратах времени на измерения мощности торфяной залежи Белого болота показали, что при сетке 150x150 м получаются достаточно точные данные, на получение которых, требуется 1 рабочий день.

Также расчеты показали, что для подобных исследований на болотах с площадью около 1 тыс. га, требуется проведение работ, длительностью не менее 5 (а лучше 7–13) рабочих дней.

В ходе геоботанического обследования Белого болота описаны различные вариации сосново-кустарничково-сфагновых и пушистоберезовых вахтово-сфагновых сообществ, зафиксированы места произрастания *Corallorhiza trifida* Chatel. и *Dactylorhiza maculate* (L.) Soo, занесенных в Приложение к Красной книге Пермского края (2018), в качестве видов, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

Проведен эколого-ценотический анализ состава фитоценозов и фитоиндикационный анализ экотопов.

Эколого-ценотический анализ показал, что во всех растительных сообществах преобладают представители водно-болотной группы видов. Во всех сосново-кустарничково-сфагновых фитоценозах отсутствуют виды нитрофильной группы, а в двух из трех сообществ отсутствуют также бореальные виды. В пушистоберезовых вахтово-сфагновых сообществах представлены все эколого-ценотические группы, но из боровых видов в них распространена только *Pinus sylvestris* L.

Фитоиндикационный анализ с применением экологических шкал Элленберга и Ландольта выявил, что сосново-кустарничково-сфагновые сообщества формируют растения более прохладного климата, кроме того этот тип фитоценозов формируется на участках с более кислым субстратом и более бедных минералами. Показатели шкал Ландольта продемонстрировали также, что для местообитаний сосново-кустарничково-сфагновых сообществ характерны более высокие значения показателей континентальности климата и гумусированности почв. Согласно показателям шкал, как Элленберга, так и Ландольта, среди экотопов по своим характеристикам значительно выделяется сосново-кустарничково-сфагновое сообщество, сформировавшееся на торфяной толще с мощностью 2,69 м. Для него характерны значительно более низкие значения показателей увлаженности и кислотности почв, а также самый высокий показатель континентальности климата. Экотоп этого сообщества также отличается более низкими показателями освещенности согласно шкале Элленберга, температуры согласно шкале Ландольта, более высокими показателями гранулометрического состава (субстрат состоит из более мелких частиц относительно других местообитаний) по шкале Ландольта.

Впервые для Пермского Прикамья выполнен корреляционный анализ связи между эколого-ценотическим составом сообществ, экологическими параметрами болотных местообитаний и глубинами торфяной залежи. Выявлена высокая теснота связи между долей представителей водно-болотной эколого-ценотической группы в сообществах и мощностью торфяных отложений. Также коэффициент корреляции свидетельствует о наличии высокой тесноты связи между глубинами торфа и показателями шкал светлюбия, континентальности, кислотности и богатства почв элементами минерального питания Элленберга. Тот же анализ, проведенный со значениями показателей шкал Ландольта, демонстрирует гораздо меньшую тесноту связи. Была отмечена лишь умеренная степень связанности показателей гумусированности почв, светлюбия, температуры, континентальности с мощностью торфяного пласта.

Использование двух различных экологических шкал для оценки параметров экотопов выявило несогласованность между ними. Из-за ограниченности материалов полевого обследования полученные результаты следует считать предварительными.

Как показали фитоиндикационные исследования в Западной Сибири, одним из надёжных индикаторов мощности торфяных залежей являются сосново-кустарничково-сфагновые сообщества. Но в различных природных зонах подобные фитоценозы могут индексировать различную глубину торфяных отложе-

ний. В пределах Белого болота сосново-кустарничково-сфагновое сообщество расположено на участке торфяника мощностью 2,69 м, что не соответствует среднему показателю мощности торфа для зоны подтайги в Западной Сибири, но входит в достаточно широкие рамки показателя средней мощности для зоны лесостепи.

Проведение исследований, выявляющих характер взаимосвязи растительности, глубин торфяных отложений, химического состава болотных вод перспективно для серии болот Пермского края, поскольку сделает возможным поиск региональных и зональных закономерностей пространственной структуры болотной растительности. А выявленный в ходе исследования фитоиндикационный сигнал в дальнейшем целесообразно использовать для целей экологического мониторинга.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Д.Е. Сивкову за помощь в проведении полевых работ и ассистенту кафедры геоинформационных систем ПГНИУ – А.В. Тарасову за методическую помощь в геоинформационной обработке данных. Авторы признательны П.Ю. Санникову за организацию полевых работ и всесторонние консультации в ходе подготовки публикации. Часть полевых и камеральных работ была профинансирована из средств научных фондов: РФФИ (проект 19-78-10050) и DFG (проект SH836/3-1).

Список использованной литературы

1. Базовые картографические векторные данные на территорию Пермского края. Проект OpenStreet-Map [Электронный ресурс]. URL: <https://data.nextgis.com/ru/> (дата обращения: 14.03.2021).
2. Бернатонис В.К., Кудашев И. Г. Совершенствование методики оконтуривания и подсчета запасов месторождений торфа // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов, 304(1), 2001. С.148-154.
3. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / под ред. В.Б. Куваева. Тула: Гриф и К, 2001. 584 с.
4. Гетманец И.А. Фитоиндикация экологических режимов местообитаний сфагнофилов рода *Salix* L. На Южном Урале и адаптивные черты их биоморф // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2010. № 10. С. 318–324.
5. Грохлина Т.И., Ханина Л.Г. Автоматизация обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сб. материалов II Всероссийской научной конференции. Йошкар-Ола, 28-31 января 2006 г. / отв. ред. Л.А. Жукова. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2006. С. 87–89.
6. Зарецкая Н.Е., Лычагина Е.Л., Лаптева Е.Г., Трофимова С.С., Чернов А.В. Пойма Камы: реконструкция среды обитания древних и средневековых сообществ среднего Предуралья // Российская археология. 2020. № 1. С. 44-59. DOI: 10.31857/S086960630008253-7.
7. Зубкова Е.В., Ханина Л.Г., Грохлина Т.И., Дорогова Ю.А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью

программы EcoScaleWin: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. 96 с.

8. Ивченко Т.Г., Знаменский С.Р. Экологическая структура растительных сообществ ключевых болот горно-таежного пояса Южного Урала // Экология. 2016. № 5. С. 346–352. DOI: 10.7868/S0367059716050048.

9. Ивченко Т.Г., Макарова М.А. Использование ГИС технологий в природоохранных целях (на примере болотных экосистем Южно-Уральского региона) // Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ: сб. тезисов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета. Санкт-Петербург, 22–24 октября 2020 г. Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2020. С. 510-511.

10. Иллюстрированный определитель растений Пермского края / под ред. С.А. Овеснова и др. Пермь: Кн. мир, 2007. 743 с.

11. Инструкция к проведению поисковых и поисково-оценочных работ на торф / В.Д. Марков, Л.С. Михантьева, В.Г. Матухина и др.; отв. ред. В.П. Данилов. Новосибирск: СНИИГиМС, 1994. 53 с.

12. Клоков А.В., Запасной А.С., Мироньев А.С., Дюкарев Е.А., Смирнов С.В., Шипилова С.С. Геолокация торфяников // 26-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». (КрыМиКо 2016). Москва; Минск; Севастополь, 2016. С. 2439–2445.

13. Лаптева Е.Г., Зарецкая Н.Е., Косинцев П.А., Лычагина Е.Л., Чернов А.В. Первые данные о динами-

ке растительности Верхнего Прикамья в среднем и позднем голоцене // Экология. 2017. № 4. С. 267–276. DOI: 10.7868/S0367059717040096.

14. Лычагина Е.Л., Демаков Д.А., Чернов А.В., Зарецкая Н.Е., Копытов С.В., Лантева Е.Г., Трофимова С.С. Среда обитания древнего человека в бассейне верхней Камы: опыт реконструкции // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2021. № 1 (52). С. 5–19. DOI: 10.20874/2071-0437-2021-52-1-1.

15. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Фитоценология: принципы и методы. М.: Наука, 1978. 212 с.

16. Овеснов С.А. Местная флора Пермского края и ее анализ. Пермь: Перм. гос. ун-т., 2009. 215 с.

17. Овеснов С.А., Ефимик Е.Г. Биоразнообразие и экология высших растений: учебное пособие по учебной практике. Пермь: Перм. гос. ун-т., 2009. 131 с.

18. Отчет об использовании финансовых средств на целевую финансовую поддержку стационара Васюганье / Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН; Руководитель Е. А. Головацкая и др. Томск, 2011. 10 с.

19. Приказ Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края № СЭД-30-01-02-1571 от 16.10.2017 г «Об утверждении Перечней объектов животного и растительного мира Красной книги Пермского края».

20. Санников П.Ю. Белое болото // Атлас особо охраняемых природных территорий Пермского края / под ред. С.А. Бузмакова. Пермь: Астер, 2017. С. 374.

21. Сивков Д.Е. Создание геоинформационной базы данных «Торфяные болота Пермского края» // Биологическое разнообразие – основа устойчивого развития. Материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 154–160.

22. Торфяные месторождения Пермской области / под ред. Г.Н. Верхоярова. М.: Геолторфразведка. 1976. 403 с.

23. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ.

24. Уланова Н.Г. Математические методы в геоботанике. М.: Изд-во МГУ, 1995.

25. Ханина Л.Г., Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В., Шовкун М.М., Глухова Е.М. Флора сосудистых растений Центральной России. Режим доступа: <https://www.impb.ru/eco/> (дата обращения: 24.02.21).

26. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.

27. Шумиловских Л.С., Санников П.Ю. История Кунгурской лесостепи в голоцене: проблематика, подходы и первые результаты // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2018. Т. 42 (4). С. 487–496. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-4-487-496

28. Corradini, E., Eriksen, B.V., Mortensen, M.F., Nielsen, M.K., Thorwart, M., Krüger, S., Wilken, D., Pickartz, N., Panning, D., Rabbel, W. Investigating lake sediments and peat deposits with geophysical methods - A case study from a kettle hole at the Late Palaeolithic site of Tyrsted, Denmark (2020) Quaternary International, Vol. 558. Pp. 89–106.

29. Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa // Scripta Geobotanica. 1991. Vol. 18. S. 1–248.

30. Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veroff. Geobot // Inst. ETH Zurich. 1977. H. 64. Pp. 1–208.

31. Mires and peatlands of Europe: Status, distribution and conservation / Joosten H., Tanneberger F., Moen A., editors. Schweizerbart Science Publishers, 2017. 780 p.

32. Mukul, M., Srivastava, V., Jade, S. et al. Uncertainties in the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Heights: Insights from the Indian Himalaya and Peninsula. Sci Rep 7, 41672 (2017).

33. Philip G. M., Watson D. F. A Precise Method for Determining Contoured Surfaces / Australian Petroleum Exploration Association Journal 22, 1982. С. 205–212.

34. Shumilovskikh L.S., Schmidt M., Pereskokov M., Sannikov P. Postglacial history of East European boreal forests in the mid-Kama region, pre-Urals, Russia // Boreas. 2020. Vol. 49, Iss. 3. P. 526–543. DOI: 10.1111/bor.12436

35. Watson D. F., Philip G. M., A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation // Geoprocessing 2, 1985. Pp. 315–327.

36. Wood J., Fisher P. Assessing interpolation accuracy in Elevation Models// IEEE Computer Graphics and Applications, 1993. Vol. 13(2). Pp. 48–56.

References

1. Basic cartographic vector data on the territory of the Perm Territory. OpenStreetMap Project Available from: <https://data.nextgis.com/ru/> [Accessed 14th Marth 2021].

2. Bernatonis, V. K., & Kudashev, I. G. (2001) *Sovershenstvovanie metodiki okonturivaniya i podscheta zapasov mestorozhdenij torfa* [Improving the methodology for delineating and calculating reserves of peat deposits]. *Izvestija TPU*. Vol. 304 (1), Pp. 148–154. (in Russian).

3. Kuvaev, V. B. (ed.) (2001) *Bolotnye sistemy Zapadnoj Sibiri i ih prirodoohrannoe znachenie* [Swamp systems of Western Siberia and their nature conservation value]. Tula, Grif i K. (in Russian).

4. Getmanets, I. A. (2010) Ecotope ecological conditions phytoindication of *Salix L. sphagna* in the South Ural and adaptive features of their biomorphes. *Vestnik Cheljabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. Vol. 10. Pp. 318–324. (in Russian)

5. Grohlina, T. I., & Hanina, L. G. (2006) Automation of processing of geobotanical descriptions on ecological scales. In: *Zhukova, L. A. (ed.) Principles and methods of biodiversity conservation: collection of articles. materials of the II All-Russian Scientific Conference, 28–31 January 2006, Joshkar-Ola, Russia. Joshkar-Ola, Marijskij gosudarstvennyj universitet*. Pp. 87–89. (in Russian).

6. Zareckaja, N. E. & Lychagina, E. L. & Lapteva, E. G. & Trofimova, S. S. & Chernov, A. V. (2020) *Pojma Kamy: rekonstrukcija sredy obitanija drevnih i srednevekovyh soobshhestv srednego Predural'ja* [Floodplain of the Kama: Reconstruction of the Habitat of Ancient

gerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*. Vol. 18. Pp. 248. (in German).

30. Landolt, E. (1977) Okologische Zeigerwerte zur Sweizer Flora. *Veroff. Geobot. Inst. ETH Zurich*. H. 64, 1-208. (in German).

31. Joosten, H. & Tanneberger, F. & Moen, A. editors. (2017) *Mires and peatlands of Europe: Status, distribution and conservation*. Schweizerbart Science Publishers.

32. Mukul, M. & Srivastava, V. & Jade, S. (2017) Uncertainties in the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Heights: Insights from the Indian Himalaya and Peninsula. *Sci Rep*. Vol. 7. P. 41672. DOI 10.1038/srep41672.

33. Philip, G. M. & Watson, D. F. (1982) A Precise Method for Determining Contoured Surfaces. *Australian Petroleum Exploration Association Journal*. Vol. (22). Pp. 205–212.

34. Shumilovskikh, L. S. & Schmidt, M. & Pereskov, M. & Sannikov P. (2020) Postglacial history of East European boreal forests in the mid-Kama region, pre-Urals, Russia. *Boreas*. Vol. 49 (3). Pp. 526–543. DOI 10.1111/bor.12436.

35. Watson, D. F. & Philip, G. M. & (1985) A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation. *Geoprocessing*. Vol. 2. Pp. 315–327.

36. Wood, J. & Fisher, P. (1993) Assessing interpolation accuracy in Elevation Models. *IEEE Computer Graphics and Applications*. Vol. 13(2). Pp. 48–56.

Дата поступления в редакцию: 12.04.2021

Дата рецензирования: 17.04.2021

Дата принятия к публикации: 20.04.2021

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках:

Абдулманова И.Ф., Игошева Е.А. Сопоставление параметров экотопов болотных фитоценозов и глубин торфяной залежи Белого болота (Пермский край, Россия) // Антропогенная трансформация природной среды. 2021. Т. 7. № 1. С. 48–64. DOI: 10.17072/2410-8553-2021-1-48-64.

Please cite this article in English as:

Abdulmanova I.F., Igosheva E.A. Comparison of bog phytocenosis ecotopes parameters and peat deposit depths of the Beloe bog (Perm region, Russia). *Anthropogenic Transformation of Nature*. 2021. Vol. 7. No. 1. P. 48–64. DOI: 10.17072/2410-8553-2021-1-48-64.