

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ ТОРФА НА ТОРФЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ «ЮРЬЕВСКОЕ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ СЕТЕЙ ЗОНДИРОВАНИЯ

Т.Б. Яконовская¹, А.И. Жигульская¹

¹ Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия,
e-mail: 9051963@gmail.com

Аннотация: Одной из важнейших задач, имеющих первостепенное значение для проектирования торфодобывающего предприятия, является построение математической модели торфяного массива. Эта модель должна адекватно отражать главные качественные характеристики торфяной залежи, промышленные запасы, категории сырья и номенклатуру торфяной продукции. На ее основе рассчитывается наиболее целесообразное направление использования торфяных ресурсов на различных стадиях разработки торфяного месторождения, а также осуществляется расчет программы добычи торфа, выбор рационального способа, технологии и оборудования для торфодобычи, обосновывается номенклатура торфяной продукции и т.д. На основе проведенного авторами анализа геолого-производственных данных предприятий по добыче торфа в Тверском регионе разработана дискретная математическая модель для объемной визуализации торфяного месторождения. Математическая модель позволяет рассчитать объемы запасов торфа как по всему торфяному массиву, так и по отдельным торфяным пластинам заданной категории, характеризующимся определенными качественными показателями, которые в свою очередь позволяют определить количество видов торфяной продукции. В качестве основы для построения дискретной модели используется зондировочная сетка. Особенностью модели является возможность ее применения в процессе принятия решения об инвестировании в торфоразработку и определения рентных доходов генерируемых месторождением торфяных ресурсов для последующего их раздела на долю собственника (государства) и долю инвестора (предпринимателя). Поэтому в качестве первостепенной задачи выступает необходимость математического описания торфяного массива. Методологической основой разработанной математической модели, послужившей достижению поставленной цели расчета объемов торфяных запасов месторождения и решения сопутствующих задач, являются положения, математические методы, системный анализ, данные геологической статистики.

Ключевые слова: торфяное производство, моделирование месторождения, сеть зондирования, автоматизация, расчет запасов, торфяной кадастр.

Для цитирования: Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. Эвристический подход к оценке запасов торфа на торфяном месторождении «Юрьевское» с использованием данных сетей зондирования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 5. – С. 157–168. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_5_0_157.

Heuristic approach to Yurevskoe peat deposit appraisal using vertical profiling data

T.B. Yakonovskaya¹, A.I. Zhigulskaya¹

¹ Tver State Technical University, Tver, Russia, e-mail: 9051963@gmail.com

Abstract: One of the critical problems in peat milling project is mathematical modeling of a peat deposit. The mathematical model should adequately describe quality, reserves and categories of peat, as well as possible range of peat products. On this basis, it is possible to determine the best and most effective use mode of peat resources at various stages of peat milling. Moreover, the pit milling program is calculated, the rational method, technology and equipment are selected, the range of peat products is substantiated, etc. On the ground of the authors' case-study of geological and production data of peat factories in the Tver Region, the discrete mathematical model is developed for the 3D visualization of a peat deposit. The model allows calculation of peat resources in the whole deposit and in individual layers of peat per preset categories of certain quality toward determination of a range of peat products. The discrete modeling framework is the vertical profile network. The model features applicability in decision-making on peat mining investment and on evaluation of rental income from peat deposit resources for the further division of the profit into share of an owner (government) and share of an investor (business). For this reason, it is highly important to describe a peat deposit mathematically. The methodology of mathematical modeling for the appraisal of peat resources and reserves in a deposit includes mathematical methods, system analysis and geological statistics.

Key words: peat production, modeling, profile network automation, calculation of reserves, peat cadastre.

For citation: Yakonovskaya T. B., Zhigulskaya A. I. Heuristic approach to Yurevskoe peat deposit appraisal using vertical profiling data. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(5):157-168. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_5_0_157.

Введение

На территории России сосредоточены огромные запасы торфа, которые составляют около 200 млрд т, из них 166 млрд т — разведанные запасы. Наибольшее распространение они получили в Западной Сибири, в северо-западной и средней полосе европейской части России. Направления использования торфа в национальном хозяйстве весьма разнообразны, а номенклатура продукции на основе торфа содержит до 200 наименований, что обусловлено очень сложным химическим и органическим составом исходного торфяного сырья. К тому же существующие многообразные способы и технологии разработки торфяных массивов обладают различной технико-экономической эф-

фективностью, а значит, для условий конкретного торфяного месторождения и конкретного разработчика (инвестора) требуется обособленное решение о выборе рациональной технологии добычи торфяного сырья. Учитывая современные тенденции развития торфяной отрасли в России, все чаще торфяной бизнес сталкивается с различными угрозами риска потери экономической безопасности. Самыми главными и повсеместно распространенными причинами потери экономической безопасности торфяных производств являются: необоснованно завышенное налоговое бремя, величина арендных и аукционных платежей.

Значимой особенностью всех отраслей горнодобывающего комплекса России является способность месторож-

дений любого полезного ископаемого генерировать ренту и связанные с ней рентные доходы, которые, в свою очередь, включаются в общую прибыль предприятия. Эту прибыль делят между собой собственник месторождения (государство) и разработчик (инвестор), а значит, в процессе раздела происходит столкновение экономических интересов обеих сторон недропользования, при этом каждая сторона рьяно отстаивает свои позиции, желая забрать себе большую часть доходов от эксплуатации месторождений [1, 2].

В экономической науке вопросу рентных отношений уделяется большое внимание, и в особенности — проблеме распределения рентных доходов и их выделению из общей прибыли разработчика (инвестора), но практически везде для этого предлагаются экономико-математические модели типа корреляционно-регрессионной функции:

$$y_r = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_j), \quad (1)$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_j$ — соответственно, факторные рентообразующие признаки.

В качестве недостатка, усложняющего разработку и реализацию основанной на функции типа (1) методики, следует отметить необходимость наличия и обработки большого массива исходной информации, конкретных данных по качеству месторождений и их разработке. Таким образом, нужно определиться с типом, объемом и порядком получения информации о факторных признаках (x_j), отражающих природные характеристики месторождений [3, 4].

Следует отметить, что для возможности использования модели, описанной формулой (1), основной проблемой, требующей первостепенного решения, является задача расчета объемов запасов как по всему торфяному массиву, так и по категориям качества запасов торфа в залежи. Так как факторные при-

знаки (x_j) — не статичные величины, а динамично меняющиеся, и к тому же комплексные, то здесь речь должна идти об использовании информационных систем экспертного типа.

Теория вопроса

Разработка информационных технологий автоматизированного проектирования предприятий торфяной отрасли содержит в себе геологическую, технологическую, рекультивационную, экологическую и экономическую части. При этом одной из важнейших задач, имеющих первостепенное значение, является построение математической модели торфяного массива. Эта модель должна адекватно отражать главные качественные характеристики торфяной залежи, промышленные запасы, категории сырья и номенклатуру торфяной продукции. На ее основе рассчитывается наиболее технико-экономически целесообразное направление использования торфяных ресурсов на различных стадиях разработки торфяного месторождения, а также осуществляется расчет программы добычи торфа, выбор рационального способа, технологии и оборудования для торфодобычи, обосновывается номенклатура торфяной продукции и т.д. Особенностью модели является возможность ее применения в процессе принятия решения об инвестировании в торфоразработку и определения рентных доходов, генерируемых месторождением торфяных ресурсов, для последующего их раздела на долю собственника (государства) и долю инвестора (предпринимателя).

Поэтому в качестве первостепенной задачи выступает необходимость математического описания торфяного массива. В этой связи следует рассматривать торфяное месторождение как геологический объект заданной формы и структуры. Безусловно, исходная информация

о типологии геологического объекта, а также требования к точности математической модели определяют выбор ее вида и сложности. Различают аналитические, алгебро-логические, частично-аналитические, каркасные, кинематические, рецепторные и смешанные (комбинированные) модели [5, 6].

Задачи процесса разработки моделей геологической интерпретации данных торфяного массива сводятся к следующему:

- разработка структуры базы данных для хранения результатов торфоисследовательских работ;
- заполнение базы информацией геологического опробования;
- статистический анализ исходной геологическо-топографической информации, поиск ошибок, группировка данных и т.д.;
- группировка по стратиграфическим профилям;
- выделение и оконтуривание слоев торфа по их типу по данным страти-

графии, интерпретация геологических данных;

- уточнение границ пространственного размещения торфяных слоев;
- блочное моделирование месторождения торфа с выделением слоев погребенной древесины, очеса, типов торфопластов по геологическому составу, моделирование пластов, и пр.);
- создание пустых блочных моделей;
- геостатистический анализ данных разведки, определение законов пространственной изменчивости геологических характеристик компонентов торфяного массива;
- моделирование гидродинамических процессов торфяной залежи, расчет массопереноса, загрязненности, химического состава и пр.;
- уточнение контуров распространения торфопластов в месторождении по заданным категориям качества.

Общий подход к структуре 3d моделирования торфяного массива представлен на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм формирования цифровой модели торфяного массива

Fig. 1. Algorithm of digital modeling of peat deposit

Выбор модели торфяного массива определяется исходя из первичной информации, которой являются: геологические, топографические, стратиграфические и гипсометрические планы, вертикальные и горизонтальные сечения, а также данные отбора проб по слоям залегания торфа в точках зондированного бурения. Данные опробования являются точной неискаженной информацией, однако математическое моделирование на их основе требует интерпретации геологических закономерностей, что в свою очередь представляет собой сложную математическую задачу, так как точность значений вычисленных по модели должна быть идентична точности исходных данных [7 – 9].

Описание материалов и методов анализа

Геологическое строение торфяной залежи является определяющим фактором при разработке математической модели, так как оно задает вид исходной геологической информации, формы залежи и диапазон качественных характеристик. В зависимости от характера напластования отдельных видов торфа по глубине торфяные массивы подразделяются на четыре типа: верховой, смешанный, переходный, низинный. К верховому типу относятся залежи, в которых слой верховых торфов составляет не менее половины общей глубины. Нижняя часть залежи может быть сложена переходными или низинными торфами. К смешанному типу относятся залежи, в которых слой верховых торфов составляет менее половины общей глубины, но не менее чем 0,5 м. Нижние слои могут быть представлены низинными или переходными торфами. К переходному типу относятся залежи, сложенные не менее чем наполовину общей глубины переходными торфами. Слой верховых торфов не превышает 0,5 м. К низинно-

му типу относятся залежи с мощностью низинных торфов более половины общей глубины. Слой верховых торфов не превышает 0,5 м [10].

Типы торфяных залежей подразделяются на подтипы: лесной, лесо-топяной и топяной. В подтипы входят виды строения залежей — низшая классификационная единица. В большинстве случаев название вида залежи соответствует преобладающему в напластованиях по глубине виду торфа. В отдельных случаях учитывается очередность напластования. Если, например, залежь низинного типа сверху сложена осоковыми (топяными) торфами, а внизу лесными, примерно равной мощности, то залежь называют топяно-лесной. При обратном сложении, то есть сверху виды торфа лесного подтипа — залежь будет лесо-топяной. Для определения видов строения используют характерные признаки их сложения и некоторые качественные показатели. А потому, учитывая высокий уровень сложности моделирования торфяного массива, авторы предлагают использовать дискретную модель. Дискретная модель универсальна, что имеет принципиальное значение для автоматизированного проектирования и позволяет достигнуть наибольшей точности, в отличие от других моделей. Основой для построения дискретной модели торфяного месторождения являются данные зондирования и послонного опробования залежи. Зондировочная сеть имеет наибольшую густоту, степень разложения и ботанический состав торфа, который определяется по более частой сетке, а остальные характеристики (плотность, влажность, зольность, физико-механические и химические свойства) — по наиболее редкой сетке.

Таким образом, предлагается использовать зондировочную сеть в качестве базы для построения объемной модели торфяного массива, в которой каждой

точке зондирования соответствуют декартовы координаты x и y , а каждому слою толщиной Δh присваивается порядковый номер от поверхности от 1 до $h_i / (\Delta h + 1)$ (где h_i — мощность торфяного массива в точке i). Качественные характеристики по слоям торфяного массива в каждой точке зондирования предлагается определять методом интерполяции. Объем всего торфяного месторождения разбивается на единичные объемы (блоки).

$$\Delta V = \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta h, \quad (2)$$

где x, y — шаги зондировочной сетки по осям x и y , причем

$$\Delta F = \Delta x \cdot \Delta y, \quad (3)$$

где ΔF — площадь ячейки сети.

Исходя из этого, появляется возможность вычислить площадь F_k и объем V_k по каждому слою промышленных запасов торфа с выделением торфяного сырья заданной категории (качества) или вида торфяной продукции:

$$F_k = \Delta F \cdot m_k, V_k = \Delta V \cdot m_k, \quad (4)$$

где m_k — число блоков ΔV с заданной категорией сырья или вида торфопродукции.

Суммируя объемы запасов в слоях по всем категориям, получим послойные объемы балансовых запасов. Суммированием объемов послойных запасов находим объем балансовых запасов по всему торфяному массиву.

Для решения задачи рентной оценки торфяного месторождения требуется разработать метод распознавания категории торфяного сырья по набору значений качественных характеристик параметров, таких как тип торфа, степень разложения, зольности, пнистости. Необходимо разбить многомерное подмножество точек $M \in R^n$ на классы. Размерность n множества R^n определяется числом параметров, характеризующих категорию сырья (в нашем случае 3), число классов равно числу категорий торфяного сырья. Задача состояла в том, чтобы для

каждого центра элементарного блока найти значения типа торфа, степени разложения, зольности, пнистости и т.д. Для последующих расчетов массы торфа необходимо найти и значения влажности. Отыскание параметра u_{ij} в i -м пункте и j -м горизонте производилось методом интерполяции в j -м от поверхности горизонте торфопласта.

Основная трудоемкость этого метода вычисления состоит в автоматизированном отыскании интерполяционных узлов (ближайшего окружения i -го пункта). По формуле (4) можно вычислить дискретный признак (например, тип торфа), если его закодировать числами: 0 — верховой тип; 1 — переходный тип; 2 — низинный тип, а результат вычисления округлить до целого. После распределения объема запасов по категориям торфяного сырья можно вычислить массу воздушно-сухого торфа ΔM каждого элементарного блока [6].

$$\Delta M = \frac{\Delta V \cdot \rho \cdot (100 - \omega_e)}{(100 - \omega_y)}, \quad (5)$$

где ρ — плотность торфа; ω_e, ω_y — соответственно, естественная и условная влажность торфа, %.

Суммированием масс элементарных блоков находим запас воздушно-сухого торфа по категориям сырья, по слоям и в целом по торфяному массиву. Среднее значение качественных характеристик торфа по категории рассчитывались как средневзвешенные:

$$\bar{u}_k = \frac{\sum u_i \cdot \Delta M_i}{\sum \Delta M_i}, \quad (6)$$

где \bar{u}_k — среднее значение признака для заданной категории торфяного сырья; u_i — значение признака в i -м блоке; ΔM_i — масса воздушно-сухого торфа в i -м блоке.

Для подсчета балансовых (промышленных) запасов торфа используем формулу:

$$V_n = \frac{10 \cdot h \cdot (F_{ви} + F_{ни})}{2}, \quad (7)$$

где $F_{ви}$, $F_{ни}$ – соответственно, площадки верхней и нижней изолинии расчетного слоя, га; h – толщина расчетного слоя, м; V_n – объем расчетного слоя, тыс. м³.

Таким образом,

$$V_6 = \sum 10 \cdot F_n \cdot h_{cp}, \quad (8)$$

где V_6 – балансовые запасы торфа, тыс. м³; F_n – площадь отдельных стратиграфических или типовых участков торфяного массива в промышленной границе залегания торфа, га; h_{cp} – средняя глубина залежи торфа на участке, м.

Если на торфяном участке зондирование проведено по линиям опробирования, то средняя глубина рассчитывается по формуле:

$$h_{cp} = \frac{\sum S}{\sum L} \quad \text{или} \quad h_{cp} = \frac{\sum h}{\sum n}, \quad (9)$$

где S – площадь профиля зондирования на одной визирке расчетного участка, м²; L – длина визирки, м; $\sum h$ – сумма глубин залежи по всем точкам зондирования на расчетном участке, исключая по одной крайней точке на каждой визирке, м; h – число точек зондирования, взятых в расчет глубины.

Если зондирование залежи выполнено по системе рассеянных по площади точек, а не по визиркам, то средняя глубина вычисляется по формуле:

$$h_{cp} = \frac{(\sum h + h_0 \cdot \sum n_0)}{(\sum n + \sum n_0)}, \quad (10)$$

где $\sum h$ – сумма глубин по точкам зондирования, расположенным внутри контура участка, м; h_0 – средняя глубина залежи на границе участка, м; $\sum n_0$ – расчетное число точек на границе промышленной залежи; $\sum n$ – число точек зондирования внутри контура.

Статистическая обработка

Статистическая обработка проводилась по данным, полученным в результате торфоисследовательских работ, проведенных на торфопредприятии ООО ТЭК «ТВЕРЬРЕГИОНТОРФ», в границах торфяного массива «Юрьевское». В результате была построена дискретная модель торфяной залежи по материалам зондировочной сети и стратиграфическим планам торфяного месторождения (рис. 2, 3). Торфяной массив расположен в Весьегонском районе Тверской области. Торфяное месторождение «Юрьевское» расположено от районного центра города и железнодорожной станции

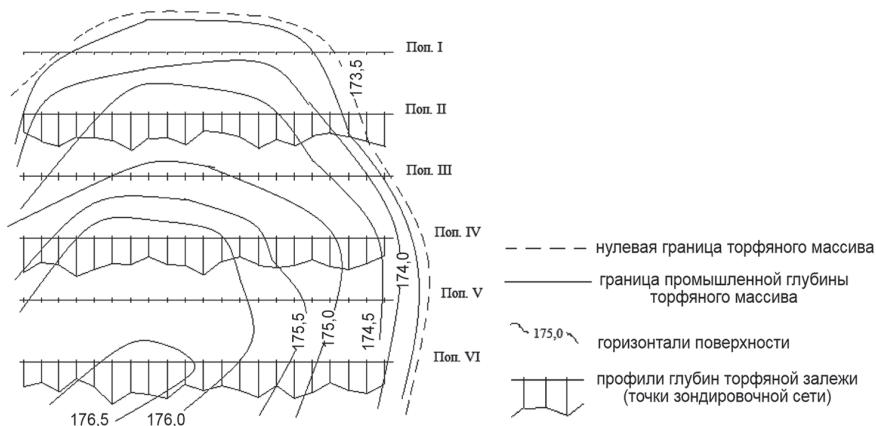


Рис. 2. Фрагмент плана зондировочной сети торфяного массива

Fig. 2. Fragment of peat profile network layout

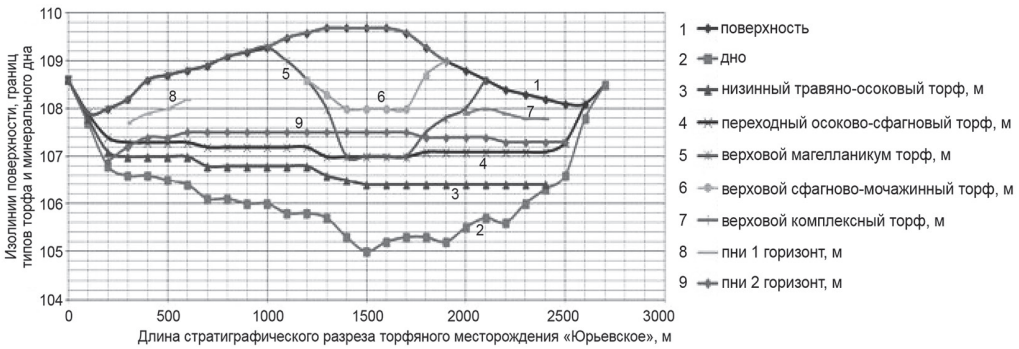


Рис. 3. Стратиграфия торфяной залежи «Юрьевское» с границами различных видов торфов и горизонтами погребенной древесины

Fig. 3. Stratigraphy of Yurevskoe peat deposit with specified boundaries between different types of peat and with identified buried wood layers

Весьегонск на юго-запад в 5,5 км, от населенного пункта Юрьевское на северо-восток в 1,5 км, от с. Сашма 1-я на юг в 0,5 км. Месторождение детально разведано в 1971 г. Московской геологоразведочной партией по категории А.

Площадь общая — 1931 га, в границах промышленной залежи — 1261 га. Месторождение расположено на водоразделе рек Притыка и Шипенка. Водоприемник — р. Кесьма, который протекает в 0,6 км от северного края месторождения. Мощность торфяного пласта: максимальная — 4,30 м; средняя —

1,97 м. Месторождение сложено верховыми комплексными, переходными и низинными видами торфа и в целом характеризуется следующими показателями: степень разложения торфа (R) — 10–62%; средняя — 39%; зольность (A^c) — 1–22%; средняя — 6%; влажность (W) — 79,8–94,2%; средняя — 86,4%; кислотность (pH) — 2,8–6,8; пнистость (P_n) — 2,2%. Показатели месторождения по отдельным типам залежи представлены в таблице.

В 1984 г. в соответствии с генпланом «Гипроторф» в пределах Юрьевского месторождения был определен участок

Расширенная качественная геологическая характеристика торфяного массива «Юрьевское»

Expanded qualitative geological characteristic of Yurevskoe peat deposit

Тип торфяных запасов по месторождению «Юрьевское»		
верховой	переходный	низинный
Общие производственные характеристики		
$S_{пр.гр.}$ — 749 га	$S_{пр.гр.}$ — 272 га	$S_{пр.гр.}$ — 240 га
h_{cp} — 1,93 м	h_{cp} — 2,31 м	h_{cp} — 1,73 м
Показатели ботанического состава		
магелланикум торф	переходный осоково-сфагновый	многослойный травяно-осоковый
R — 10–62%; R_{cp} — 36%	R — 14–58%; R_{cp} — 40%	R — 20–59%; R_{cp} — 43%
A^c — 1–14%; A^c_{cp} — 4%	A^c — 2–22%; A^c_{cp} — 8%	A^c — 2–22%; A^c_{cp} — 10%
W — 79,8–94,2%; W_{cp} — 87,9%	W — 80,3–92,3%; W_{cp} — 85,3%	W — 79,8–88,0%; W_{cp} — 83,2%
pH — 2,8–5,5	pH — 2,9–6,4	pH — 3,0–6,8

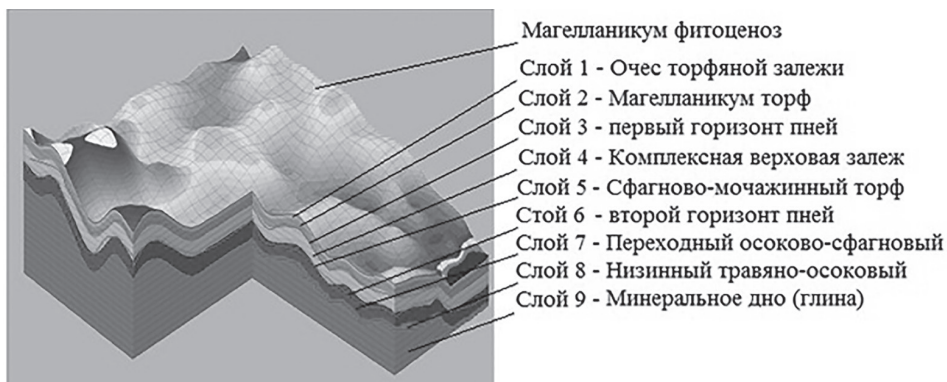


Рис. 4. Объемная модель первоочередного участка торфяного месторождения «Юрьевское» (тип торфа – верховой)

Fig. 4. 3D model of primary mining site in Yurevskoe peat deposit (peat type–moss peat)

добычи торфа площадью 60 га в северо-западной части месторождения, расположенный на торфяной залежи верхового типа, мохового вида, магелланикум залежь. Сбор информации по этому участку позволил установить, что до начала 90-х годов были выполнены подготовительные работы (осушительная сеть, сводка растительности) и, возможно, велась добыча торфа для сельскохозяйственного использования (непродолжительное время). В целом, участок недр характеризуется благоприятным геологическим строением, горнотехническими и гидрогеологическими условиями для планомерной и качественной отработки лицензионного участка. Однако для уточнения и определения современного состояния участка необходимо по данным торфоисследовательских работ построить его дискретную модель с детальным уточнением строения залежи и определением стратиграфии участка, а также точного подсчета объемов запасов торфа по разным типам и категориям торфяного сырья и в целом по месторождению.

Обсуждение результатов

Разработанная математическая модель может быть использована в информационной системе кадастра торфяных

месторождений, а также в геолого-экономической оценке, на этапах календарного планирования и для разделения рентных доходов от добычи торфа. В результате построения дискретной модели и стратиграфии участка (рис. 3), используя формулы (1) – (10), были рассчитаны единичные объемы блоков торфяного месторождения, которые позволили уточнить запасы торфа месторождения «Юрьевское» в границах промышленной залежи (рис. 4).

Они составляют 5279 тыс. т. при 40% влажности. Объемы торфяных запасов по типам залежи при условной влажности 40% составляют: верховой тип – 2819 тыс. т; смешанный тип – 1426 тыс. т; низинный тип – 1034 тыс. т. Исследуемый торфяной массив имеет два слоя погребенной древесины: по верховым и переходным слоям пнистость составляет 2,3% (первый слой), а по низинному типу слоя (второй слой) пнистость равна 3,0%. Объем запасов пней по первому слою составляют 9,6 тыс. т, а по второму слою – 103 тыс. т.

Заключение

1. На рынке программного обеспечения геологические программы для 3d моделирования пластовых месторождений такие как: Micromine, MineScape,

GEOMIX, Wolfram Mathematica довольно дорого стоят и рассчитаны в основном на рудные, каменные и угольные месторождения, разработка которых проводится карьерным и шахтным способом. Для использования таких программных продуктов в процессе проектирования месторождений общераспространенных полезных ископаемых необходима их существенная адаптация. В целях повышения точности и надежности расчетов, а также сокращения сроков проектных работ, удешевления самих проектов и оптимизации решений представляется целесообразным использовать автоматизированную систему как для первичной обработки исходной информации и выполнения всех перечисленных операций, так и получения готовых проектов. При этом существующие программные средства для построения графиков могут успешно справляться с задачей построения и послойных планов, а также изображения границ торфяного массива и сырья определенной качественной категории или вида торфяной продукции. Решение этих задач связано с проблемой математического моделирования месторождения торфа, а именно наполнением информацией пространственной структуры и описания, таким образом, изменением качественных характеристик по глубине и простираению торфяного пласта [11–13]. Для построения математической модели конкретного месторождения используются материалы изысканий, которые необходимо определенным образом представить в виде классификации для последующего использования в информационной системе.

2. Вопросы использования информационных технологий в процессе проектирования торфодобывающих предприятий практически не исследовались. Автоматизация применялась в некоторых видах технологических машин и заводских линиях переработки торфа. Все

проекты торфодобывающих производств построены по устаревшим данным торфяных фондов 1955–1989 гг. Хотя изученность европейской части России по торфяному сырью составляет 80–90%, в современных условиях торфяные фонды не подвергались переоценке, и зачастую геологические данные неполные и содержат ошибки в расчетах запасов торфа.

3. Текущее положение дел в вопросе моделирования торфяных месторождений таково, что этой темой занимаются три научные торфяные школы: уральская, томская и тверская. Уральская научная школа (Б.М. Александров, Н.В. Гревцев, О.С. Егошина) предлагают моделировать торфяное месторождение, взяв за основу стратиграфические данные, геологическую классификацию торфа по типам и видам торфяной продукции. Томская научная школа (П.В. Бернатонис, Г.Ю. Боярко, Л.И. Инишева) предлагают оценивать запасы торфа по уже давно известным категориям А, В, С, при этом вводят понятие «кондиции» торфа. Однако, некондиционный торф — это забалансовые запасы. Старейшая, основная и классическая торфяная научная школа в настоящее время — это тверская (Е.Т. Базин, В.И. Суворов, Г.Л. Макаренко, В.И. Косов и др.). Представители этой школы (авторы) при моделировании торфяного месторождения в качестве размеров единичных блоков (пластообразующих слоев) в формуле (2) предлагают использовать размеры:

- глубина 0,25 м — глубина пластообразующего слоя, в котором встречаются остатки растений торфообразователей, соответствующих определенному торфяно-болотному фитоценозу;
- длина 100 м — шаг сети зондирования;
- ширина 80 м — ширина технологической площадки, на которой ведется добыча торфа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушнир М. А. Государственно-частное партнерство при освоении месторождений полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 2. — С. 221 — 229. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-221-229.
2. Яконовская Т. Б., Жигульская А. И., Зюзин Б. Ф. Вопросы инвестиционной привлекательности торфяной отрасли / Современное состояние экономических систем: экономика и управление. Сборник научных трудов Международной научной конференции. — Тверь, 2018. — С. 139—142.
3. Мельников Н. Н., Бусырев В. М., Чуркин О. Е. Стоимость запасов месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 3. — С. 142—154.
4. Александров Г. А., Комаров И. С. Рентные отношения и разделение прибыли от добывающей деятельности на ренту и предпринимательский доход // Экономика в промышленности. — 2017. — Т. 10. — № 3. DOI:10.17073/2072-1633-2017-3-232-241. Доступно: <https://escoprom.misis.ru> (дата обращения 03.11.2019).
5. Михайлов А. В., Родионов Е. А., Звонарев И. Е. Анализ условий вертикальной выемки торфяного сырья // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 1. — С. 48—54. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-48-54.
6. Жигульская А. И., Яконовская Т. Б. Научные основы комплексной механизации безотходной круглогодичной технологии добычи и переработки ресурсов торфяных месторождений: монография. — Тверь: ТвГТУ, 2014. — 193 с.
7. Басаргин А. А. Методика создания трехмерных геологических моделей месторождений с использованием геоинформационной системы Micromine // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2015. — Т. 1. — № 1. — С. 15—20.
8. Палюх Б. В., Борисов А. Л. Основы построения информационных систем: учебное пособие. — Тверь: ТвГТУ, 2019. — 136 с.
9. Palyukh B., Ivanov V., Sotnikov A. Evidence theory for complex engineering system analyses // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019, vol. 874, pp. 70—79.
10. Михайлов А. В., Жигульская А. И., Яконовская Т. Б., Жигульский М. А. Оценка этапов жизненного цикла разработки торфяного месторождения / Геология и минерально-сырьевые ресурсы Запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования. Материалы Международной научной конференции, посвященной 215-летию со дня рождения И. Домейко. — Тверь, 2017. — С. 196—199.
11. Tsvetkov P. S. The history, present status and future prospects of the Russian fuel peat industry // Mires and Peat. 2017, vol. 19, pp. 14.
12. Laine A. M., Selänpää T., Oksanen J., Seväkivi M., Tuittila E.-S. Plant diversity and functional trait composition during mire development // Mires and Peat. 2018, vol. 23, pp. 2.
13. Korpela I., Haapanen R., Korrensalo A., E.-Tuittila S., Vesala T. Fine-resolution mapping of microforms of a boreal bog using aerial images and waveform-recording LiDAR // Mires and Peat. 2020, vol. 26, pp. 2. **МИАБ**

REFERENCES

1. Kushnir M. A. Public-private partnerships in the development of mineral deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no 2, pp. 221—229. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-221-229. [In Russ].
2. Yakonovskaya T. B., Zhigul'skaya A. I., Zyuzin B. F. Issues of investment attractiveness of the peat industry. *Sovremennoe sostoyanie ekonomicheskikh sistem: ekonomika i upravlenie. Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Current state of economic systems: economics and management. Collection of scientific papers of the International Scientific Conference], Tver, 2018, pp. 139—142. [In Russ].
3. Mel'nikov N. N., Busyrev V. M., Churkin O. E. The cost of field reserves. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017, no 3, pp. 142—154. [In Russ].

4. Aleksandrov G. A., Komarov I. S. Rent relations and the separation of profit from mining activities for rent and entrepreneurial income. *Ekonomika v promyshlennosti*. 2017, vol. 10, no 3. [In Russ]. DOI:10.17073/2072-1633-2017-3-232-241, available at: <https://ecoprom.misis.ru> (accessed 03.11.2019).

5. Mikhaylov A. V., Rodionov E. A., Zvonarev I. E. Analysis of conditions for vertical cutting of peat. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no 1, pp. 48 – 54. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-01-0-48-54. [In Russ].

6. Zhigul'skaya A. I., Yakonovskaya T. B. *Nauchnye osnovy kompleksnoy mekhanizatsii bezotkhodnoy kruglogodichnoy tekhnologii dobychi i pererabotki resursov torfyanykh mestorozhdeniy: monografiya* [Scientific basis of the comprehensive mechanization of non-waste year-round technology for the extraction and processing of peat deposits resources: monograph], Tver', TvGTU, 2014, 193 p.

7. Basargin A. A. Methodology for creating three-dimensional geological models of deposits using the Micromine geographic information system. *Interexpo Geo-Siberia*. 2015, vol. 1, no 1, pp. 15 – 20. [In Russ].

8. Palyukh B. V., Borisov A. L. *Osnovy postroeniya informatsionnykh sistem: uchebnoe posobie* [Fundamentals of building information systems: training manual], Tver, TvGTU, 2019. 136 p.

9. Palyukh B., Ivanov V., Sotnikov A. Evidence theory for complex engineering system analyses. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019, vol. 874, pp. 70 – 79.

10. Mikhaylov A. V., Zhigul'skaya A. I., Yakonovskaya T. B., Zhigul'skiy M. A. Assessment of the life cycle stages of the development of a peat deposit. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Zapada Vostochno-Evropeyskoy platformy: problemy izucheniya i ratsional'nogo ispol'zovaniya. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 215-letiyu so dnya rozhdeniya I. Domeyko* [Geology and mineral resources of the West of the East European platform: problems of study and rational use Materials of the International scientific conference dedicated to the 215th anniversary of the birth of I. Domeyko], Tver, 2017, pp. 196 – 199. [In Russ].

11. Tsvetkov P. S. The history, present status and future prospects of the Russian fuel peat industry. *Mires and Peat*. 2017, vol. 19, pp. 14.

12. Laine A. M., Selänpää T., Oksanen J., Seväkivi M., Tuittila E.-S. Plant diversity and functional trait composition during mire development. *Mires and Peat*. 2018, vol. 23, pp. 2.

13. Korpela I., Haapanen R., Korrensalo A., E.-Tuittila S., Vesala T. Fine-resolution mapping of microforms of a boreal bog using aerial images and waveform-recording LiDAR. *Mires and Peat*. 2020, vol. 26, pp. 2.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Яконовская Татьяна Борисовна¹ — канд. экон. наук, доцент,
e-mail: tby81@yandex.ru,

Жигульская Александра Ивановна¹ — канд. техн. наук,
доцент, e-mail: 9051963@mail.com,

¹ Тверской государственный технический университет.

Для контактов: Жигульская А.И., e-mail: 9051963@mail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

T.B. Yakonovskaya¹, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor,
e-mail: tby81@yandex.ru,

A.I. Zhigul'skaya¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: 9051963@mail.com,

¹ Tver State Technical University, 170035, Tver, Russia.

Corresponding author: A.I. Zhigul'skaya, e-mail: 9051963@mail.com.

Получена редакцией 21.05.2020; получена после рецензии 08.06.2020 принята к печати 10.04.2021.

Received by the editors 21.05.2020; received after the review 08.06.2020; accepted for printing 10.04.2021.