

**ГЕОТЕХНОЛОГИИ. ДОБЫЧА, ПЕРЕРАБОТКА
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ**
*GEOTECHNOLOGY. EXTRACTION, PROCESSING
AND THE USE OF SOLID FUEL MINERALS*

<https://doi.org/10.47612/2079-3928-2024-2-123-130>
УДК 622.271.6

Поступила в редакцию 25.10.2024
Received 25.10.2024

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК КАРБОНАТНОГО САПРОПЕЛЯ
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ**

**В. Б. Кунцевич, Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, Т. И. Макаренко,
И. В. Агейчик, А. Ю. Татков, Л. П. Калилец**

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. Приведена методика расчета основных характеристик сапропеля, залегающего под торфом, на опытном участке торфяного месторождения Гала-Ковалевское. Показано, что в случае извлечения карбонатного сапропеля на участке по технологии скважинной гидродобычи, к потерям балансовых запасов относится площадь, занятая осушительной сетью. Коэффициент использования балансовых запасов составил 0,93. При влажности сапропелевой пульпы 97 % теоретический выход воздушно-сухого вещества с условной влажностью 60 % из 1 м³ равен 0,075 т/м³. Рассмотрены два способа определения коэффициента добавления воды: по массе разработанной сапропелевой залежи и ее влажности, и по содержанию сухого вещества в залежи и пульпе. Полевыми опытами установлено, что при добыче карбонатного сапропеля скважинным способом среднее содержание сухого вещества в пульпе составляет 3 %.

Применительно к сапропелю влажностью 73,4 %, залегающему под слоем торфа на опытном участке, коэффициент добавления воды составил 7,9 на 1 т сапропеля при влажности пульпы 97 %. Приведен график добавления необходимого количества воды в зависимости от влажности сапропеля в залежи и влажности пульпы. Показано, что существует оптимальная влажность пульпы, обеспечивающая при заданных условиях максимальную программу добычи сапропеля и рациональную зону реологических параметров, в пределах которой гидротранспорт сапропелевой пульпы целесообразен.

Ключевые слова: торфяное месторождение; сапропель; опытный участок; технология скважинной гидродобычи; основные характеристики.

Для цитирования. Кунцевич В. Б., Курзо Б. В., Гайдукевич О. М., Макаренко Т. И., Агейчик И. В., Татков А. Ю., Калилец Л. П. Методика расчета физико-технических и эксплуатационных характеристик карбонатного сапропеля при применении скважинной гидродобычи // Природопользование. – 2024. – № 2. – С. 123–130.

**METHOD OF THE CALCULATING OF THE PHYSICAL, TECHNICAL AND OPERATIONAL
CHARACTERISTICS OF CARBONATE SAPROPEL
IN BOREHOLE HYDRAULIC MINING USE**

**V. B. Kuntsevich, B. V. Kurzo, O. M. Gaidukevich, T. I. Makarenko,
I. V. Ageichik, A. Yu. Tatkov, L. P. Kalilets**

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The article presents a method for calculating the main characteristics of sapropel lying under peat in experimental area of Gala-Kovalevskoye peat deposit. It has been shown that in the case of extracting carbonate sapropel in the area using borehole hydraulic mining technology, the area occupied by the drainage network is considered to be a loss of balance reserves. The coefficient of balance reserves use was 0.93. With sapropel pulp moisture content of 97 %, the theoretical yield of air-dry matter, with conditional moisture content of 60 %, from 1 m³ is 0.075 t/m³. Two methods for the determining of the water addition coefficient are considered: by the mass of the developed sapropel deposit and its moisture content, and by dry matter content in the deposit and pulp. Field experiments have shown that when extracting

carbonate sapropel using a borehole method, an average dry matter content in the pulp is 3%. In regard to sapropel with the moisture content of 73.4 %, lying under the layer of peat in the experimental area, water addition coefficient was 7.9 per 1 t of sapropel with pulp moisture content of 97 %. The graph of the required amount of water addition has been given depending on the sapropel moisture content in the deposit and the pulp moisture content. It has been shown that there is an optimal pulp moisture content that ensures, under the given conditions, the maximum sapropel extraction program and the rational zone of rheological parameters within which the hydrotransport of sapropel pulp is advisable.

Keywords: peatland; sapropel; pilot site; borehole hydraulic mining technology; main characteristics.

For citation. Kuntsevich V. B., Kurzo B. V., Gaidukevich O. M., Makarenko T. I., Ageichik I. V., Tatkov A. Yu., Kalilets L. P. Method of the calculating of the physical, technical and operational characteristics of carbonate sapropel in borehole hydraulic mining use. *Nature Management*, 2024, no. 2, pp. 123–130.

Введение. Технологический процесс скважинной гидродобычи сапропеля осуществляется с помощью размыва отдельных генетических слоев сапропеля тонкими струями воды высокого давления с одновременным засасыванием сапропелевой пульпы и транспортированием ее по трубопроводам к месту сушки. К основным физико-техническим и эксплуатационным характеристикам сапропеля и сапропелевой гидросмеси (пульпы) относятся балансовые, забалансовые и промышленные запасы сапропеля, выход сухого вещества из 1 м³ сапропелевой гидросмеси, коэффициент добавления воды, годовая программа добычи сапропеля.

Учитывая, что в настоящее время практического опыта применения технологии скважинной гидродобычи сапропеля, залегающего под торфом, в промышленных масштабах не имеется, терминология и определение отдельных его показателей приняты по аналогии с торфом.

Детальная разведка торфяного месторождения Гала-Ковалевское (кадастровый номер 870) выполнена институтом «Белторфпроект» в 1953–1954 гг. В результате определены запасы торфа в границах промышленной глубины и мощность сапропеля в каждой точке зондирования.

Для проведения исследований по определению вышеуказанных характеристик на месторождении выбран опытный участок площадью брутто 15 га, на которой до 2021 г. осуществлялась добыча фрезерного торфа.

Методы исследований включают анализ опубликованных материалов по влиянию скважинной гидродобычи полезных ископаемых на их физико-технические и механические свойства, полевые работы по выбору опытного участка, отбор проб для определения качественных характеристик торфа и сапропеля, лабораторные и полевые исследования, теоретические расчеты.

Результаты. Запасы сапропеля по народнохозяйственному значению разделяются на балансовые и забалансовые. Балансовые – запасы сапропеля, удовлетворяющие установленным условиям, и запасы, использование которых в настоящее время экономически целесообразно. Забалансовые – запасы сапропеля, которые не удовлетворяют перечисленным выше требованиям.

Расчет балансовых и промышленных запасов. Граница залегания балансовых запасов сапропеля проводится по точкам с глубиной залежи сапропеля 0,5 м. При современных методах разработки залежь сапропеля не используется полностью из-за потерь, которые остаются под торфом. К потерям сапропеля, добываемого по технологии скважинной гидродобычи, относится залежь, расположенная в зонах вокруг озер и водохранилищ шириной полос 200–250 м, под зданиями и сооружениями, а также на трассах осушительных каналов [1]. Реальные потери балансовых запасов определяются в каждом конкретном случае по результатам детальной разведки на стадии разработки проекта на добычу сапропеля. Ориентируясь на данные института «Белторфпроект» в потери площади с сапропелем на опытном участке отнесена площадь, занятая осушительной сетью:

$$F_n = (B_b L) + [(B_k l) n], \quad (1)$$

где F_n – площадь, занятая осушительной сетью, м²; B_b – ширина валового канала по верху, м; L – длина валового канала в пределах опытного участка, м; B_k – ширина картового канала по верху, м; l – длина картового канала, м; n – количество картовых каналов на опытном участке (ширина карты 20 м), шт.

$$F_n = (3 \cdot 300) + [(1,2 \cdot 500) \cdot 16] = 10\,500 \text{ м}^2 = 1,05 \text{ га}.$$

По качественной характеристике все запасы сапропеля относятся к балансовым ($w = 73,4\%$; $A^c = 51,1\%$, глубина залегания во всех точках зондирования превышает 0,5 м) и равны

$$P_6 = 10^4 F_{6p} h_{cp}, \quad (2)$$

где P_6 – балансовые запасы сапропеля, тыс. м³; F_{6p} – площадь брутто, га; h_{cp} – средняя глубина залегания сапропеля, м;

$$P_6 = 10^4 \cdot 15,00 \cdot 1,3 = 195,0 \text{ тыс. м}^3.$$

Потери запасов сапропеля

$$P_n = 10^4 F_n h_{cp} = 10^4 \cdot 1,05 \cdot 1,3 = 13,7 \text{ тыс. м}^3. \quad (3)$$

Промышленные запасы – вырабатываемая часть балансовых запасов, превращаемых в продукцию. На опытном участке они составляют:

$$P_{np} = P_6 - P_n = 195,0 - 13,7 = 181,3 \text{ тыс. м}^3. \quad (4)$$

Коэффициент использования балансовых запасов

$$K_6 = \frac{P_{np}}{P_6} = \frac{181,3}{195,0} = 0,93. \quad (5)$$

Пересчет промышленных запасов из объема в тонны воздушно-сухого сапропеля осуществляется по формуле

$$G = P_{np} \rho_3 \frac{100 - w_1}{100 - w_{усл}}, \quad (6)$$

где G – промышленные запасы сапропеля в пересчете на условную влажность, тыс. т; ρ_3 – плотность сапропеля в залежи [2], т/м³; w_1 – влажность сапропеля в залежи, %; $w_{усл}$ – условная влажность, равная 60 %.

$$G = 181,3 \cdot 1,09 \cdot \frac{100 - 73,4}{100 - 60} = 131,4 \text{ тыс. т.}$$

Расчет выхода воздушно-сухого вещества из 1 м³ сапропелевой залежи и сапропелевой гидросмеси. Выходом называется массовое количество воздушно-сухого сапропеля с условной влажностью 60 %, получаемое из 1 м³ сапропелевой залежи или гидросмеси.

Расчет выполнен аналогично расчету выхода воздушно-сухого торфа из торфяной залежи и торфяной пульпы [3].

Масса абсолютно сухого вещества в 1 м³ сапропелевой залежи

$$M_s = 1 \rho_3 \frac{C_c}{100}, \quad (7)$$

где C_c – содержание сухого вещества в сапропеле, %.

Масса абсолютно сухого вещества при теоретическом выходе

$$M_T = P_T \frac{C_{усл}}{100}, \quad (8)$$

где P_T – теоретический выход из 1 м³ воздушно-сухого сапропеля, т; $C_{усл}$ – условное содержание сухого вещества воздушно-сухого сапропеля, равное 40 %.

Правые части выражений (7) и (8) равны между собой:

$$1 \rho_3 \frac{C_c}{100} = P_T \frac{C_{усл}}{100}.$$

Откуда для сапропелевой залежи теоретический выход составляет:

$$P_T = \frac{\rho_3 \cdot 1 C_c}{C_{усл}}, \quad (9)$$

где ρ_3 – плотность сапропелевой залежи.

Для сапропелевой пульпы

$$P_T = \frac{\rho_c \cdot 1 C_n}{C_{усл}}, \quad (10)$$

где ρ_c – плотность сапропелевой пульпы [4]; C_n – содержание сухого вещества в сапропелевой пульпе, %.

Принимая $\rho_c = 1 \text{ т/м}^3$, без значительной погрешности для расчетов, теоретический выход из сапропелевой пульпы

$$P_T = \frac{1C_n}{C_{\text{усл}}} = \frac{1C_n}{40}. \quad (11)$$

При влажности сапропелевой гидросмеси 97 % теоретический выход составит:

$$P_T = \frac{1 \cdot 3}{40} = 0,075 \text{ т.}$$

Теоретический выход воздушно-сухого сапропеля из залежи

$$P_T = \frac{\rho_s C_c}{40}. \quad (12)$$

При влажности сапропеля в залежи 73,4 % теоретический выход составит:

$$P_T = \frac{1,09 \cdot 26,6}{40} = 0,72 \text{ т.}$$

Практический выход воздушно-сухого вещества из гидросмеси определяется с учетом коэффициента, учитывающего потери сапропеля при сушке и уборке.

Расчет коэффициента добавления воды. Коэффициентом добавления воды принято называть отношение массы воды к массе разработанной сапропелевой залежи [3]. Из опубликованных материалов известно, что минимальное значение влажности, при которой возможен трубопроводный транспорт сапропеля, составляет 90 % [5]. В связи с тем, что в большинстве случаев влажность сапропеля, залегающего под торфом, меньше указанного значения, при скважинной гидродобыче необходимо в залежь сапропеля добавлять воду для получения расчетной консистенции пульпы. Учитывая, что масса сухого вещества при сушке или увлажнении сапропеля не изменяется, преобразовав известную формулу [6], получена зависимость коэффициента добавления воды от влажности сапропеля в залежи и влажности пульпы:

$$d = \frac{m_1(100 - w_1)}{100 - w_2} - m_1, \quad (13)$$

где d – коэффициент добавления воды; m_1 – разрабатываемая масса сапропеля в залежи, т; w_1 – влажность сапропеля, %; w_2 – влажность сапропелевой пульпы, %.

На рис. 1 показана графическая интерпретация полученной зависимости.

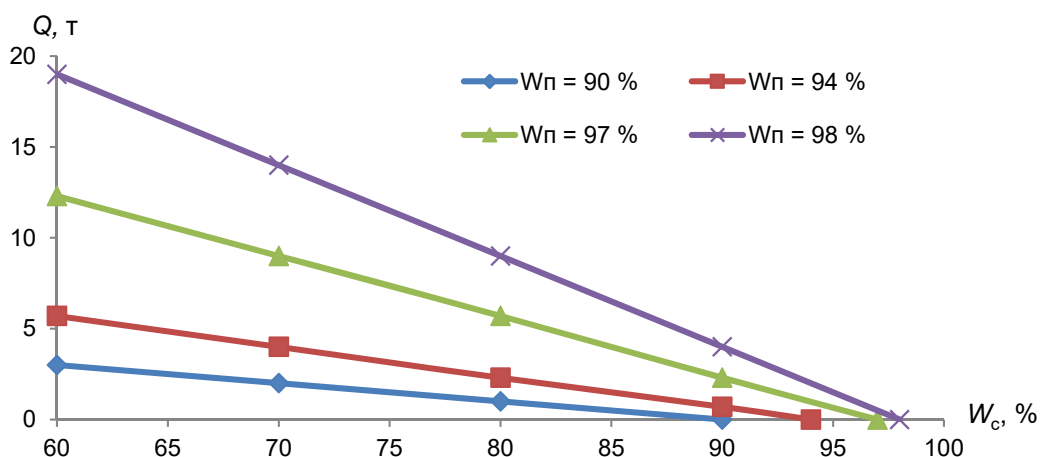


Рис. 1. Зависимость количества добавленной воды на 1 т сапропеля от его влажности (W_c) и влажности пульпы (W_n)

Fig. 1. Dependence of the amount of water added per 1 ton of sapropel on its moisture content (W_c) and pulp moisture content (W_n)

Как видно из рис. 1, при увеличении влажности до 97–98 % количество добавленной воды резко возрастает. Так, при влажности сапропеля в залежи 73,4 % повышение влажности пульпы на 7 % (с 90 до 97 %) приводит к увеличению коэффициента добавления воды в 4,7 раза, или в абсолютных величинах – с 1,66 до 7,86 т на 1 т сапропеля.

В литературе приведен также способ определения коэффициента добавления воды в зависимости от содержания сухого вещества в залежи и пульпе [3]:

$$d = \frac{C_c - C_n}{C_n} \tag{14}$$

Применительно к сапропелевой залежи торфяного месторождения Гала-Ковалевское, коэффициент добавления воды на 1 т сапропеля, чтобы повысить его естественную влажность до 97 %:

– по первому способу:

$$d = \frac{1 \cdot (100 - 73,4)}{100 - 97} - 1 = 7,9;$$

– по второму способу:

$$d = \frac{26,6 - 3,0}{3,0} = 7,9.$$

Годовая программа добычи сапропеля

$$\Pi = T t Q_{см} \rho_c \frac{100 - w_2}{100 - w_{усп}}, \tag{15}$$

где Π – годовая программа добычи сапропеля, тыс. т; T – количество рабочих дней в году для добычи сапропеля, дни; t – продолжительность смены, ч; $Q_{см}$ – расход пульпы в трубопроводе, м³/ч.

В 2023 г. авторами выполнен расчет возможной программы добычи сапропеля в зависимости от влажности пульпы [4]. Полученные результаты отображены на рис. 2.

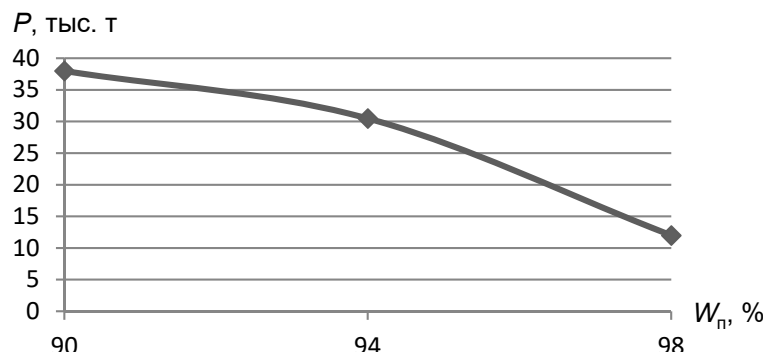


Рис. 2. Зависимость годовой программы добычи сапропеля от влажности пульпы

Fig. 2. Dependence of the annual sapropel extraction program on the moisture content of the pulp

Анализируя график, естественно предположить, что чем больше в пульпе сухого вещества, тем лучше основной показатель добычи сапропеля – годовая программа. Однако существует рациональная зона реологических параметров гидросмесей, в пределах которой из условия энергозатрат гидротранспорт легких полезных ископаемых целесообразен. Если начальное динамическое напряжение сдвига больше 30 н/м², гидротранспорт центробежными насосами становится невыгодным, так как с незначительным увеличением консистенции пульпы резко возрастает динамическое напряжение сдвига, что приводит к значительному увеличению энергозатрат [7]. Так, по данным Г. Г. Волкова, даже в границах рациональной зоны увеличение содержания сухого вещества в пульпе с 5,3 до 11,8 % на порядок повышает начальное динамическое напряжение сдвига [8].

В опубликованных источниках мнение авторов существенно различается в оценке допустимого значения относительной влажности пульпы и, соответственно, содержания в ней сухого вещества. В большинстве своем авторы считают, что оптимальная влажность должна быть в пределах 94–97 % [9, 10]. В то же время В. И. Косов и А. П. Золотухин допускают возможность гидротранспорта торфяной и сапропелевой пульпы при влажности 90 % [5].

В текущем году сотрудниками лаборатории использования и охраны торфяных и сапропелевых месторождений на опытном участке торфяного месторождения Гала-Ковалевское проведены полевые исследования по установлению возможности и целесообразности применения технологии скважинной гидродобычи сапропеля, залегающего под слоем торфа. Предварительно были определены количественные и качественные характеристики торфяной залежи и погребенного под ней сапропеля, в том числе остаточная глубина торфа, мощность, тип, влажность и зольность сапропеля. Установлено, что сапропель относится к карбонатному типу, средние значения влажности и зольности составляют 73,4 и 51,1 % соответственно, средняя мощность – 1,3 м. В качестве оборудования были применены серийно выпускаемые высоконапорная и грязевая мотопомпы; набор нагнетательных, всасывающих и транспортирующих шлангов; ручной мотобур (рис. 3). Полевые исследования проведены в соответствии с разработанной методикой.



Рис. 3. Испытания скважинного способа добычи сапропеля на торфяном месторождении Гала-Ковалевское Пуховичского района Минской области

Fig. 3. Testing of the borehole method of sapropel extraction at the Gala-Kovalevskoye peat deposit in the Pukhovichi district of the Minsk region

По чертежам сотрудников лаборатории филиалом «Экспериментальная база «Свислочь» изготовлено грунтозаборное устройство, состоящее из устройств для размыва сапропеля и забора полученной пульпы. Приоритетными вопросами, которые исследовали в текущем году, являлись скорости течения воды и пульпы, производительность установки, размер зоны размыва сапропелевой залежи, содержание в пульпе сухого вещества.

В настоящее время результаты исследований обрабатываются.

Заключение. Выполнен расчет физико-технических и эксплуатационных характеристик сапропеля, извлеченного из-под торфа по технологии скважинной гидродобычи, в том числе балансовых, забалансовых и промышленных запасов, выхода воздушно-сухого вещества из 1 м³ сапропелевой залежи и пульпы, коэффициента добавления воды, годовой программы добычи сапропеля. На торфяном месторождении Гала-Ковалевское оборудован опытный участок и проведены экспериментальные работы по оценке возможности и целесообразности скважинной гидродобычи сапропеля из-под торфа. Исследования выполнены с использованием серийно выпускаемого оборудования и изделий: высоконапорной и грязевой мотопомп, комплекта нагнетательных, всасывающих и транспортирующих шлангов, ручного мотобура, а также специального грунтозаборного устройства, изготовленного по разработанной конструкторской документации. В результате полевых исследований определены скорости течения воды и сапропелевой пульпы в нагнетательном и транспортирующем шлангах, расход воды и пульпы, размер зоны размыва сапропелевой залежи, содержание сухого вещества в пульпе.

Экспериментальные работы показали возможность применения технологии скважинной гидродобычи сапропеля из-под торфа. Опытная установка, используемая авторами при проведении полевых исследований, способна размывать сапропель, извлекать сапропелевую пульпу на поверхность торфяной залежи и транспортировать ее к месту аккумуляции для сушки.

Список использованных источников

1. Лазарев, А. В. Технология производства торфа / А. В. Лазарев. – М. : Недра, 1974. – 320 с.
2. Инструкция по разведке торфяных месторождений СССР : утв. М-вом геологии СССР 21.01.1983. – М. : Торфгеология, 1983. – 193 с.
3. Штин, С. М. Гидромеханизированная добыча торфа и производство торфяной продукции энергетического назначения / С. М. Штин ; под ред. И. М. Ялтанца. – М. : Горная книга, 2012. – 360 с.
4. Формулирование теоретических основ расчета гидродобычи залегающего под торфом сапропеля и разработка технологической классификации его залежей : отчет о НИР (промежут.) / нац. Акад. Наук Беларуси, Ин-т природопользования ; рук. Б. В. Курзо. – Минск, 2023. – 84 с. – № ГР 20210174.
5. Косов, В. И. От геоэкологии до нанотехнологий. Композитные строительные и топливно-энергетические материалы из органогенных горных пород и отходов / В. И. Косов, А. П. Золотухин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 368 с.
6. Физико-химические основы технологии торфяного производства / И. И. Лиштван [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1983. – 232 с.
7. Методические указания по расчету гидравлического транспорта сапропелей. Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР. Главнечерноземводстрой. ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. (Утв. НТС Главнечерноземводстроа при Минводхозе СССР, протокол № 216 от 20.11.1980). – М., 1981. – 53 с.
8. Волков, Г. Г. Динамическое предельное напряжение при различном содержании сухого вещества : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г. Г. Волков. – Минск, 1980. – 23 с.
9. Богатов, Б. А. Технология и комплексная механизация торфяного производства / Б. А. Богатов, В. А. Никифоров. – Минск : Университетское, 1988. – 463 с.
10. Лопотко, М. З. Рекомендации по технологии промышленной добычи сапропелей из открытых водоемов для удобрений / М. З. Лопотко, А. П. Лецко, С. К. Дубинин. – Минск : Наука и техника, 1981. – 78 с.

References

1. Lazarev A. V. *Tehnologija proizvodstva torfa* [Peat production technology]. Moscow, Nedra Publ., 1974, 320 p. (in Russian)
2. *Instrukciya po razvedke torfyanyh mestorozhdenij SSSR: utv. M-vom geologii SSSR 21.01.1983* [Instructions for exploration of peat deposits in the USSR: approved by the USSR Ministry of Geology on 21 January 1983]. Moscow, Torfgeologiya Publ., 1983, 193 p. (in Russian)
3. Shtin S. M. *Gidromekhanizirovannaya dobycha torfa i proizvodstvo torfyanoj produkcii energeticheskogo naznacheniya* [Hydromechanized extraction of peat and production of peat products for energy purposes]. Moscow, Mountain book Publ., 2012, 360 p. (in Russian)
4. *Formulirovanie teoreticheskikh osnov rascheta gidrodobychi zalezayushchego pod torfom sapropelya i razrabotka tekhnologicheskoy klassifikacii ego zalezhej* [Formulation of theoretical foundations for calculating hydraulic mining of sapropel underlying peat and development of a technological classification of its deposits]. *Otchet o NIR (promezhutochnyj)* [Research report (intermediate)]. Institute of Nature Management of the NAS of Belarus, supervisor B. V. Kurzo. Minsk, 2023, 84 p., St. Reg. no. 20210174. (in Russian)
5. Kosov V. I., Zolotuhin A. P. *Ot geoekologii do nanotekhnologii. Kompozitnye stroitel'nye i toplivno-energeticheskie materialy iz organogennyh gomnyh porod i othodov* [From geoecology to nanotechnology. Composite building and fuel-energy materials from organogenic rocks and waste]. St. Petersburg, Publishing House of the Polytechnic University, 2010, 368 p. (in Russian)
6. Lishtvan I. I., Terentyev A. A., Bazin E. T., Golovach A. A. *Fiziko-himicheskie osnovy tekhnologii torfyanogo proizvodstva* [Physicochemical principles of peat production technology]. Minsk, Nauka i Technika Publ., 1983, 232 p. (in Russian)
7. *Metodicheskie ukazaniya po raschetu gidravlicheskogo transporta sapropel'ej. Ministerstvo melioracii i vodnogo hoz'yajstva SSSR. Glavnечernozemvodstroj. VNIIGiM im. A. N. Kostyakova (Utv. NTS Glavnечernozemvodstroya pri Minvodhoze SSSR, protokol № 216 ot 20.11.1980)* [Guidelines for calculating the hydraulic transport of sapropels. Ministry of Melioration and Water Resources of the USSR. Glavnечernozemvodstroy. A. N. Kostyakov VNIIGiM (Approved by the NTS of Glavnечernozemvodstroy under the Ministry of Water Resources of the USSR, protocol no. 216 of 11.20.1980)]. Moscow, 1981, 53 p. (in Russian)
8. Volkov G. G. *Dinamicheskoe predel'noe napryazhenie pri razlichnom soderzhanii suhogo veshchestva* [Dynamic ultimate stress at different dry matter content]. *Avtoreferat dissertacii kandidata tekhnicheskikh nauk* [PhD. tech. sci. abs. diss.]. Minsk, 1980, 23 p. (in Russian)
9. Bogatov B. A., Nikiforov V. A. *Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizaciya torfyanogo proizvodstva* [Technology and complex mechanization of peat production]. Minsk, University Publ., 1988, 463 p. (in Russian)
10. Lopotko M. Z., Lecko A. P., Dubinin S. K. *Rekomendacii po tekhnologii promyshlennoj dobychi sapropel'ej iz otkrytyh vodoemov dlya udobrenij* [Recommendations on the technology of industrial extraction of sapropels from open water bodies for fertilizers]. Minsk, Nauka i Technika Publ., 1981, 78 p. (in Russian)

Информация об авторах

Кунцевич Виктор Болеславович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: info@nature-nas.by

Курзо Борис Валентинович – доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией использования и охраны торфяных и сапропелевых месторождений, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: kurs2014@tut.by

Макаренко Татьяна Ивановна – научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: makarenko.IP@mail.ru

Гайдукевич Олег Михайлович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: kurs2014@tut.by

Агейчик Инна Валерьевна – научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: ageichik.iv@mail.ru

Татков Антон Юрьевич – младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: kurs2014@tut.by

Калилец Людмила Петровна – научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: info@nature-nas.by

Information about authors

Victor B. Kuntsevich – Ph. D. (Technical), Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: info@nature-nas.by

Boris V. Kurzo – D. Cs. (Technical), Associate Professor, Head of Lab of peat and sapropel deposits utilization and protection, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: kurs2014@tut.by

Tatiana I. Makarenko – Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: makarenko.IP@mail.ru

Oleg M. Gaidukevich – Ph. D. (Technical), Leading Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: kurs2014@tut.by

Inna V. Ageichik – Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: ageichik.iv@mail.ru

Anton Yu. Tatkov – Junior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: kurs2014@tut.by

Lyudmila P. Kalilets – Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: info@nature-nas.by
