

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-3.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/103TVN317.pdf>

Статья опубликована 31.07.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Худякова И.Н., Резванова Э.А., Коконков А.А., Иванов С.Л. Формирование структуры основного технологического оборудования автономного комплекса для добычи торфа из неосушенного месторождения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/103TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 622.331**

**Худякова Ирина Николаевна**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Россия, Санкт-Петербург<sup>1</sup>  
Кафедра «Машиностроения, горные машины», Электромеханический факультет  
Аспирант  
E-mail: [irikhudyakova@yandex.ru](mailto:irikhudyakova@yandex.ru)

**Резванова Эльнара Абдуллаевна**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Россия, Санкт-Петербург  
Кафедра «Машиностроения, горные машины», Электромеханический факультет  
Аспирант  
E-mail: [rez.love@mail.ru](mailto:rez.love@mail.ru)

**Коконков Александр Александрович**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Россия, Санкт-Петербург  
Кафедра «Машиностроения, горные машины», Электромеханический факультет  
Аспирант  
E-mail: [kokonkov.aa@yandex.ru](mailto:kokonkov.aa@yandex.ru)

**Иванов Сергей Леонидович**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Россия, Санкт-Петербург  
Профессор  
Доктор технических наук  
E-mail: [lisa\\_lisa74@mail.ru](mailto:lisa_lisa74@mail.ru)

**Формирование структуры основного технологического оборудования автономного комплекса для добычи торфа из неосушенного месторождения**

**Аннотация.** Торфяные месторождения являются объектами антропогенного воздействия человека. Энергетический потенциал торфяного сырья превышает суммарные запасы нефти и газа. Традиционные схемы предполагают осуществление добычи торфа без предварительных работ по осушению месторождений. Переход к новым экономическим и экологическим реалиям вызывает необходимость создания комплексов машин и оборудования для реализации технологий добычи без осушения территорий.

Одним из способов является использование автономного модульного комплекса, который осуществляет добычу и переработку торфяного сырья с дальнейшим

---

<sup>1</sup> 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2

преобразованием в тепловую и электрическую энергию, обеспечивая энергопотребности комплекса и подачу электроэнергии местным потребителям. Для создания комплекса и определения рациональных параметров разработан алгоритм, который позволяет создавать технологическое оборудование на принципах энергоэффективности и энергосбережения и увязывать его выбор с технологией процесса добычи и переработки торфяного сырья. Предлагается ряд схемных решений по добыче и переработке торфяного сырья, зависящий от того, какой товарный конечный продукт необходимо получить. Укрупненная схема модульных блоков определяется выбранным способом выемки сырья. Функциональная структура комплекса представлена блоками добычи, сепарации и дробления, формования, сушки, производства электроэнергии и производства товарного продукта. Для оценки эффективности применения автономного комплекса по добыче и переработке торфяного сырья был выбран способ добычи фрезерного торфа и произведена оценка удельной энергоемкости добычи торфяного сырья при его реализации.

**Ключевые слова:** автономный комплекс; горное оборудование; добыча торфяного сырья; неосушенные месторождения; производство топлива; энергозатраты; энергоэффективность

Месторождения торфа являются объектами антропогенного воздействия человека для использования торфяных ресурсов в энергетике, сельском, охотничьем, лесном хозяйствах. Энергетический потенциал торфа в пересчете на условное топливо превосходит суммарные запасы нефти и газа, уступая лишь углю.

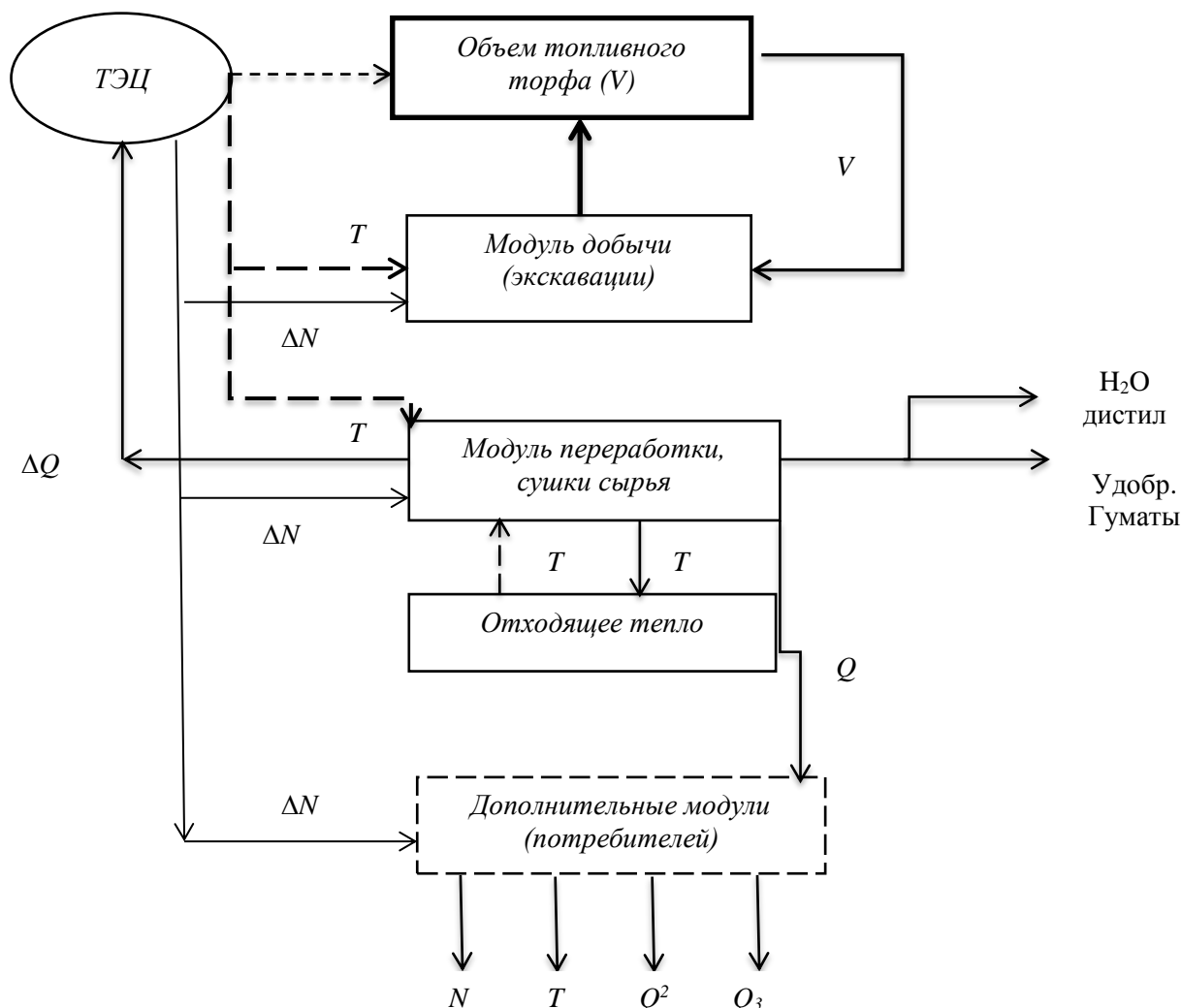
Торфяное сырье в качестве топлива для производства энергии является конкурентоспособным, если его использовать в радиусе до 100 км от места добычи.

До последнего времени схемы добычи, как правило, не предполагали осуществлять добычу торфяного сырья без предварительных работ по осушению месторождения. Переход к новым экономическим реалиям выдвигает на передний план необходимость создания новых машин и оборудования для реализации технологий добычи без осушения территорий, например, с использованием экскаваторного способа добычи торфяного сырья. Главными отличительными особенностями новых машин и комплексов должны быть автономность, энергоэффективность, способность осуществления круглогодичной выемки торфяного сырья, при этом комплекс машин должен обеспечивать добычу и переработку торфяного сырья без больших транспортных плеч.

Одним из вариантов реализации данных подходов является использование автономного модульного комплекса по патенту РФ №2599117 [7]. Комплекс осуществляет добычу и переработку торфяного сырья с последующим преобразованием его в тепловую и электрическую энергии, самообеспечивая энергопотребности комплекса, а также способен осуществлять выработку электроэнергии для местных потребителей и производить энергоплотное топливо. Технологические модули комплекса объединены единой транспортной системой, а также сетями электро-, газо-, тепло-, гидро- и топливоснабжения, подключенными к соответствующим источникам генерации энерготехнологических модулей, при этом технологический комплекс замкнут в единую информационно-измерительную систему мониторинга и управления [7].

Для создания подобного автономного комплекса и выбора рациональных параметров оборудования модулей необходимо разработать алгоритм, позволяющий на принципах энергоэффективности и энергосбережения создавать технологическое оборудование, увязывать его выбор с технологией процесса добычи и переработки торфяного сырья [3].

Ниже на рис. 1 представлена структура материальных и энергетических потоков автономного комплекса.



**Рисунок 1.** Структура материальных и энергетических потоков автономного комплекса:  $N$  – электроэнергия потребителей;  $\Delta N$  – электроэнергия для собственных нужд;  $T$  – тепловая энергия;  $Q$  – избыточные полупродукты из торфяного сырья;  $\Delta Q$  – топливо для ТЭС;  $Q^2$  – энергоплотное топливо генерации потребителей;  $Q_3$  – жидкое топливо (составлено авторами)

В алгоритме символом  $V$  обозначен объем добываемого торфяного сырья. В алгоритме  $\Delta N$  и  $\Delta Q$  соответственно обозначают электроэнергию, необходимую технологическому оборудованию модулей для добычи и переработки торфяного сырья и кондиционный топливный торф, направляемый в ТЭС, КЭС для выработки электроэнергии. Потоки тепловой  $T$  энергии могут использоваться как для внешнего потребителя, так и вторично для повышения энергоэффективности технологических процессов на борту комплекса. Потоки электрической энергии  $N$  предназначены лишь для внешнего потребления. В случае избытка объемов электрической энергии ее можно переводить в энергоплотное топливо  $Q_2$  жидкие энергоносители  $Q_3$ . Комплекс так же способен производить дистиллированную воду и жидкие гуминовые удобрения [3, 6].

В зависимости от конечного товарного продукта, который необходимо получить на выходе при использовании автономного модульного комплекса по добыче и переработке торфяного сырья из неосушенного торфяного месторождения, предлагается ряд схемных

решений. Общими являются работы по подготовке модульного комплекса к эксплуатации, связанные со сборкой комплекса, установкой оборудования и подготовкой месторождения к эксплуатации, а также блоки производства энергии для собственных нужд и сушки сырья.

Общие подходы осуществления технологического процесса добычи и переработки торфяного сырья в масштабе всего комплекса в целом во всех предложенных схемах будут в некоторой степени схожи. В зависимости от выбранного способа выемки сырья зависит и дальнейшая укрупненная схема модульных блоков и удельная энергоемкость на добычу и переработку торфяного сырья [1].

Функциональная структура комплекса в общем случае может быть представлена следующими блоками:

1. Блок добычи торфяного сырья;
2. Блок сепарации и дробления древесного сырья;
3. Блок формования торфяного (торфодревесного) сырья;
4. Блок сушки;
5. Блок производства электрической энергии для собственных нужд.

Блоки производства товарного продукта (гранулы, газ, кокс, удобрение, дистиллят воды, электрическая энергия и т. д.).

Рассматривая комплекс как некоторую систему, очевидно, что производительная и стабильная работа его оборудования, увязанная в единую технологическую цепочку (ки) будет зависеть от стабильности параметров исходного сырья. Здесь необходимо иметь в виду, что торфяное сырье не однородно по своему составу и по мощности залежи: верхняя часть представляет собой торф низкой степени разложения с растительными остатками, а по глубине залежи неравномерно расположены древесные остатки, отличающиеся от собственного торфяного массива по своим прочностным свойствам. Такая неравномерность требует учитывать данные особенности при выборе оборудования для добычи, при необходимости разделения добытой массы её усреднения и полного, безотходного использования экскавированного сырья.

Прежде чем рассматривать технологические процессы добычи и переработки торфяного сырья автономным комплексом обозначим некоторые условия необходимые для нормального функционирования системы. Первым таким условием является необходимость отработки залежи на полную или заданную глубину. Заданная глубина определяется, как минимум, глубиной гарантированного перемещения по образовавшейся акватории плавучего комплекса и экологическими требованиями. Вторым, не менее важным, условием является отсутствие крупных древесных остатков в отработанной комплексом акватории. Третье, для детерминированного перемещения комплекса необходима отработка месторождения полосами с шириной не менее шага перемещения комплекса и длиной соответствующей свободному его перемещению по фронту движения. Четвертое и обязательное условие – это полное энергетическое обеспечение комплекса за счет самогенерации.

Теперь рассмотрим последовательно и укрупненно схемные решения, которые будут определять структуру горного оборудования комплекса.

Начнем данное рассмотрение с процесса добычи сырья. Основным добычным оборудованием в блоке добычи [1] торфяного сырья могут быть [4]:

1. Одноковшовый экскаватор;
2. Многоковшовый цепной экскаватор;

3. Вертикальная шнек-фреза;
4. Гидромеханизированная добыча.

Очевидно, что применение существующего оборудования, непосредственно с платформы не всегда возможно, поэтому на добычной платформе необходимо устанавливать транспортно-силовой модуль, агрегируемый с аналогом добычной машины и обеспечивающий подачу агрегата вдоль платформы. Для удобства восприятия на первом этапе будем именовать подобные агрегаты в соответствии с аналогами оборудования.

1. Для подготовки неосушенной залежи целесообразно предварительно использовать рыхлитель типа МЖК-310ST с роторными фрезами, оснащенными режущими лезвиями, которые эффективно измельчают находящиеся на торфяной залежи пни и деревья, обеспечивая глубину заглупления на 300 мм, ширина ротора 3,1 м, потребная мощность 95-150 кВт, рабочая скорость 1 км/ч. В качестве одноковшового экскаватора приемлем экскаватор ЕК-270 с ковшом 1,25 м<sup>3</sup>, мощностью 130 кВт, обеспечивающий производительность работы 280 м<sup>3</sup>/ч, оснащенный дополнительным навесным оборудованием в виде грейфера для удаления крупногабаритных древесных остатков [4].

2. По аналогии с ковшовым экскаватором возможно применение рыхлителя МЖК-310ST для подготовки поверхности залежи. В качестве базовой машины используется экскаватор ЭТЦ-252М, мощность двигателя 81 кВт, глубиной копания до 3,5 м и шириной забоя 1 м. Рабочая скорость 150 м/ч. Для удаления крупногабаритных древесных остатков в схеме должен быть манипулятор с грейферным захватом.

3. Использование в качестве аналога вертикальной фрезы шнековый канавокопатель ОЖ-1,3К эффективно измельчающий деревья, корни и пни, находящиеся в торфяной залежи, а также эффективно работает в условиях промерзания залежи. Профиль траншеи представляет собой трапецию с основаниями 1,28 и 0,34 м при высоте 1,3 м, скорость перемещения до 1,5 км/ч, мощность 95-150 кВт. При использовании добычного устройства в виде вертикальной фрезы подготовка месторождения не требуется [4].

4. Гидромеханизированная добыча – в качестве аналога применяется оборудование плавучего электрического земснаряда Гидромех 1600Еп с фрезерным рыхлителем, мощностью 37 кВт. Фреза цельнолитая, с частотой вращения 0,5 с-1 и максимальным крутящим моментом 10624 Нм. Производительностью по грунту комплекса оборудования 160-320 м<sup>3</sup>/ч, общей мощностью 315 кВт [10].

В блоке сепарации [2] и дробления древесины для схем добычи (1), (2) и (3) целесообразно использовать валковый сепаратор. В качестве аналога примем дисковой сепаратор С1-6, мощностью 1,1 кВт и производительностью 6 м<sup>3</sup>/ч.

Что касается схемы (4) при гидромеханизированной добыче для отделения различных крупных включений пульпу, пропускают через инерционный грохот. В качестве аналога взят инерционный грохот ГИЛ-И5-1, производительностью 135 м<sup>3</sup>/ч и мощностью 11 кВт [9].

Рассматривая дробилки для крупной древесины, в качестве аналога целесообразно выбрать рубильную машину МРР12-70ГН шнекового типа, резцовую, с горизонтальной подачей сырья и выбросом щепы вниз на конвейер. Общая установленная мощность 204 кВт, производительностью 70 м<sup>3</sup>/ч в плотной мере [2].

Блок формования [3] в зависимости от вида топлива: торфяная крошка, кусковой торф, пеллеты или гранулы, могут либо вовсе отсутствовать, если в качестве топлива используется торфяная крошка, либо быть оснащенным комплексом оборудования аналогичного стилочно-формовочной машине, формирующей куски из торфяного сырья. При производстве гранул требуется применение фрезерной дробилки, гранулятора-экструдера, шнекового пресса.

Установленная мощность комплекса такого оборудования может потреблять от 150 до 250 кВт.

В качестве блока сушки [4] наиболее целесообразно использовать маломощные инновационные комплексы инфракрасной сушки. Так подобный комплекс номинальной мощностью в 115 кВт позволяет испарить до 1 т воды в час.<sup>2</sup>

Мощность блока [5] производства электрической энергии для собственных нужд будет определяться потребной мгновенной мощностью установленного оборудования и является весьма специфичным. В настоящее время нами рассматриваться пока не будет.

Для оценки эффективности применения автономного комплекса по добыче и переработке торфяного сырья был выбран способ добычи фрезерного торфа и произведена оценка удельной энергоёмкости добычи торфяного сырья при реализации этого способа.

В базовом варианте принята годовая производительность 50 тыс. тонн фрезерного торфа в год 40%-ой влажности при разработке условного торфяного месторождения площадью в 140 га, степенью разложения торфа – 32%, пнистостью – 1,5, срок эксплуатации месторождения – 10 лет. Базовая технология предполагает производство следующих операций по подготовке месторождения: свodka древесной растительности на трассах осушительных каналов, вывозка пакетов древесины, рытье магистральных каналов, углубление магистральных каналов, рытье валовых каналов, корчевка, рытье сети картовых каналов, профилирование и планировка и др. В качестве базового оборудования используются машины и агрегаты: МТП-13, МТП-71, МТП-71, МТП-52, ДТ-75 [8].<sup>3</sup>

Общее энергопотребление, для подготовки месторождения на весь перечень операций задействованных машин, отнесенных к одному году эксплуатации, составил 50190 кВт·ч.

При сезонной добыче фрезерного торфа в базовом варианте используются машины и оборудование: фрезерный барабан МТФ-14 – 2 шт., ворошилка МТФ-22 – 2 шт., уборочная машина МТФ-43А – 6 шт., валкователь МТФ-33Б – 1 шт., штабелирующая машина МТФ-72 – 1 шт., трактор ДТ-75 [8].

Энергозатраты применяемых машин и механизмов за год их применения составляют 37 482 кВт·ч.

Суммарные энергозатраты на 1 т 40%-ой влажности добываемого торфяного сырья при базовой технологии составляет – 1,75 кВт·ч/т 40%.

Аналогичные расчеты по представленным выше технологическим схемам с аналогами выбранного оборудования предполагается провести в рамках дальнейших исследований, оптимизируя рассматриваемые схемы и производя их сравнение с базовым вариантом.

---

<sup>2</sup> Индуктор, ПАО [Сайт]: Сушильный комплекс Индиго для сушки торфа. – URL: <https://induktor.all.biz/kamera-sushilnaya-indigo-dlya-sushki-tyrsy-g2621503> (дата обращения: 18.05.2017).

<sup>3</sup> Технологические схемы строительства осушительных систем, подготовки и ремонта производственных площадей для добычи торфа (рекомендации). Л.: пос. Радченко, 1981. 50 с.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарев Ю.Ю., Звонарев И.Е., Иванов С.Л. Валково-дисковый сепаратор автономного модульного комплекса добычи и переработки торфяного сырья на топливо. Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – Пермь, 2015.
2. Васильев С.Б., Толпыго В.А. Промышленные испытания дисковых рубительных машин МРР12-70ГН и МР5-150 // Resources and Technology № 3. Петрозаводск, 2001. С. 16–18.
3. Звонарев И.Е., Фадеев Д.В., Худякова И.Н., Иванов С.Л. Алгоритм выбора энергоэффективного оборудования автономного модульного комплекса по добыче и переработке торфяного сырья неосушенных месторождений// Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики, Том 1, Тульский государственный университет, Тула-Минск-Донецк, 2016. С. 113-118.
4. Зюзин, Б.Ф. Машины и оборудование торфяных производств / Б.Ф. Зюзин, А.И. Жигульская, П.А. Яконовский, Т.Б. Яконовская. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2015. 160 с.
5. Нагорнов Д.О. Навесной модульный механизированный комплекс для добычи и первичной переработки торфа / Д.О. Нагорнов, Э.А. Кремчеев, А.В. Михайлов, А.В. Большунов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. №2. С. 243-248.
6. Михайлов А.В., Иванов С.Л., Габов В.В. Формирование и эффективное использование машинного парка торфодобывающих компаний. Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – Пермь, 2015. – №14. – С. 82-91.
7. Патент РФ № 2470984 Модульный технологический комплекс добычи торфа и производства окускованного топлива / Кремчеев Э.А., Михайлов А.В., Нагорнов Д.О. и др. Опубл. 27.12.2012.
8. Смирнов В.И., Васильев А.Н., Афанасьев А.Е., Болтушкин А.Н. Практическое руководство по организации добычи фрезерного торфа / Тверской государственный технический университет – Тверь, 2007. 392 с.
9. Штин С.М. Гидромеханизированная технология разработки торфо-сапропелевых месторождений с получением органо-минеральных удобрений и биотоплива. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 12, С. 45-57.
10. Штин С.М. Применение торфа как топлива для малой энергетики. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 8. С. 82-96.

**Khudiakova Irina Nikolaevna**

Saint-Petersburg Mining university, Russia, Saint-Petersburg  
E-mail: irikhudyakova@yandex.ru

**Rezvanova Elnara Abdullaevna**

Saint-Petersburg Mining university, Russia, Saint-Petersburg  
E-mail: rez.love@mail.ru

**Kokonkov Aleksandr Aleksandrovich**

Saint-Petersburg Mining university, Russia, Saint-Petersburg  
E-mail: kokonkov.aa@yandex.ru

**Ivanov Sergej Leonidovich**

Saint-Petersburg Mining university, Russia, Saint-Petersburg  
E-mail: lisa\_lisa74@mail.ru

## **The formation of the structure of the main technological equipment of the autonomous complex for the extraction of peat from not drained deposits**

**Abstract.** Peat deposits are the objects of human impact. The energy potential of raw peat exceeds the total oil and gas reserves. Traditional methods require the extraction of peat without preliminary work of drainage fields. The transition to new economic and environmental realities is the need of creation of complexes of machines and equipment for the implementation of technologies of production without drying areas.

One way is using an autonomous modular complex that performs the extraction and refinement of peat raw materials with the further conversion into thermal and electrical energy, providing the energy demand of the complex and the supply of electricity to local consumers. For complex creation and determining the rational parameters of the algorithm, this allows to create technological equipment on the principles of efficiency and conservation and to connect his choice with the technology of process for extraction and refinement of peat raw materials. Proposes a number of circuit decisions on the extraction and processing of raw peat materials, depending on how marketable the end product to get. The integrated circuit module blocks are determined by the selected method of dredging materials. The functional structure of the complex is represented by units of production, separation and crushing, molding, drying, electricity generation and production of commercial product. The method of production of milled peat and the assessment of specific energy intensity of extraction of raw peat in its implementation was chosen for evaluation of the effective of using autonomous complex for the extraction and refinement of peat raw material.

**Keywords:** autonomous complex; mining equipment; extraction of raw peat; not drained deposits; fuel production; energy consumption; energy efficiency