

# Анализ элементов блочной технологии поверхностной выемки органогенного сырья

А.В. Михайлов, Ю.А. Казаков, И.В. Соловьев✉

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ vanyadeveraux@yandex.ru

**Резюме:** Торфяное сырье верхового типа малой степени разложения находит широкое применение в агропромышленном комплексе и природоохранных технологиях. На основе принципов рационального природопользования разработана блочная технология поверхностной выемки органогенного материала (торфяного сырья) из неосушенного месторождения с применением временных дорожных покрытий. Поверхность месторождения разделяется на блоки для их последовательной разработки с образованием лагун внутри блоков. В рамках работы проведен эксперимент по изучению интенсивности процесса восстановления растительного слоя торфяной залежи после выемки с применением принципов палудикультуры. Предложена организация отработки месторождения с добавлением в производственный процесс этапа реинтродукции сфагнома в места выемки сырья с целью увеличения интенсивности процессов восстановления нарушенных территорий. Выполнен анализ блочной технологии поверхностной выемки торфяного сырья, определены основные показатели производственного процесса. Установлено, что реализацию технологии целесообразно осуществлять с использованием многофункционального технологического модуля, с помощью которого возможно выполнять вспомогательные работы по укладке дорожного покрытия и осуществлять выемку торфяного сырья. В состав модуля входят колесный трактор, колесный полуприцеп с гидроманипулятором и вилчатым грейфером. На примере торфяного месторождения «Камешки» (северо-запад Ленинградской области) проведен анализ основных показателей производственного процесса с учетом параметров выбранных составных единиц технологического модуля и продолжительности сезона добычных работ, характерных для региона. Установлено, что с помощью технологического модуля с рабочим органом емкостью 0,13 м<sup>3</sup> и продолжительностью добычного сезона 60 дней рационально проводить выемочные работы на двух организованных технологических участках с объемом вынимаемого сырья 960 м<sup>3</sup> за один добычный сезон.

**Ключевые слова:** торфяная залежь, торфяное сырье, блочная технология, поверхностная выемка, палудикультура, технологический модуль

**Для цитирования:** Михайлов А.В., Казаков Ю.А., Соловьев И.В. Анализ элементов блочной технологии поверхностной выемки органогенного сырья. *Горная промышленность*. 2025;(1):129–136. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-129-136>

## Analysis of block technology elements for surface excavation of organogenic material

A.V. Mikhailov, Y.A. Kazakov, I.V. Soloviev✉

Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

✉ vanyadeveraux@yandex.ru

**Abstract:** Top-peat raw materials with a low degree of decomposition are widely used in the agro-industrial complex and environmental technologies. Based on the principles of rational environmental management the block technology of surface excavation of organogenic material (peat raw material) from an undrained deposit with the use of temporary decking has been developed. The surface of the deposit is divided into blocks for their sequential development with the formation of lagoons inside the blocks. Within the framework of the work, an experiment was conducted to study the intensity of the process to restore the vegetation layer of the peat deposit after the excavation using the paludiculture principles. The paper proposes a structure of the deposit mining with adding the stage of sphagnum reintroduction into the areas of excavated raw materials in order to increase the intensity of the restoration processes of the disturbed areas. The block technology of surface excavation of the peat raw materials is analyzed, the main indicators of the production process are determined. It has been established that it is expedient to implement the technology with the help of a multifunctional technological module, which can be used to perform auxiliary work on decking and excavation of peat raw materials. The module includes a wheeled tractor, a wheeled semi-trailer with a hydraulic manipulator and a fork clamp. An analysis of the main production process indicators was carried out using the case of the Kameshki peat deposit (north-west of the Leningrad region) with account of the parameters of the selected technological module components and the duration of the mining season, typical for the region. It was established that a technological module with the working tool capacity of 0.13 m<sup>3</sup> and the duration of the mining season of 60 days, it is rational to carry out the excavation work in two pre-arranged technological areas with the volume of the excavated raw materials of 960 m<sup>3</sup> per a mining season.

**Keywords:** peat deposit, peat raw materials, surface excavation, block technology, paludiculture, technological module

**For citation:** Mikhailov A.V., Kazakov Y.A., Soloviev I.V. V Analysis of block technology elements for surface excavation of organogenic material. *Russian Mining Industry*. 2025;(1):129–136. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-129-136>

## Введение

Применение торфяного сырья верхового типа в агропромышленном комплексе и природоохранных технологиях, его значительный сырьевой потенциал на территории Российской Федерации позволяют сделать вывод о перспективности его добычи [1; 2]. При этом разработка новых технологий ведения горных работ на неосушенных торфяных месторождениях в соответствии с современными принципами рационального природопользования является актуальной задачей [3]. Ключевыми элементами процесса планирования горных работ являются модели блоков горных выработок [4]. Размеры блоков определяются методом добычи полезных ископаемых [5]. Размер блоков обычно одинаков, а границы блоков ориентированы так, чтобы соответствовать единым координатам [6].

Основными способами разработки торфяных месторождений являются карьерный и поверхностно-послойный. В данной работе рассматривается карьерный способ разработки месторождения, при котором осуществляется выемка блоками органогенного (торфяного) сырья с его последующей транспортировкой за пределы рабочей площадки месторождения [7; 8].

В большинстве случаев разработка месторождений начинается с подготовки поверхности рабочей площадки: проведения работ по сведению леса и кустарников, организации системы осушения для водопонижения, что оказывает негативное воздействие на экосистему месторождений путем изменения ландшафта и естественного гидрологического режима территорий, сокращения биоразнообразия флоры и фауны [9–11].

В международном торфяном обществе сформулированы принципы рационального природопользования и определена стратегия управления торфяными месторождениями при ведении горных работ. Определены экономические и технологические положения для создания и совершенствования способов и методов добычи торфяного сырья, которые направлены на сокращение негативного воздействия на экосистему месторождений, увеличение коэффициента извлечения полезного ископаемого при производстве добычных работ и минимизацию отходов производства [12; 13].

В настоящей работе рассматривается блочная технология поверхностной выемки торфяного сырья, преимущества которой заключаются в снижении негативного антропогенного воздействия на экосистему месторождений при проведении горных работ без подготовки и осушения производственных территорий, снижении зависимости показателей производства от влияния метеорологических условий, расширении сезона добычи.

Цель данной статьи состоит в анализе особенностей блочной технологии поверхностной выемки торфяного сырья; определении технологических требований при ведении выемочных работ на неосушенном месторождении, обосновании рациональной структуры выемочного оборудования.

## Методы

Исследования проводились на торфяном месторождении Государственного лесного фонда «Камешки», координаты 60°12'47"N 30°07'40"E; северо-западная часть Ленинградской области.

Торфяная залежь верхового типа, в верхних генетических горизонтах залегают *Sphagnum magellanicum* и *fuscum* торф малой степени разложения до 10%. По углу наклона к горизонту месторождение относится к пологим, тело залежи имеет плоскую форму. Участок месторождения располагается на высоте 71 м над уровнем моря.

По данным геологоразведки общая толщина торфяной залежи составляет 3–5 м, которая располагается на подстилающем минеральном грунте – суглинке.

Из анализа климатических условий северо-западного региона России установлено, что солнечная радиация максимальна в период с мая по сентябрь при средней температуре воздуха от 10 °С. Осадки (дождь) максимальны летом и осенью, количество осадков в обозначенный период достигает 450 мм, в зимние месяцы осадки выпадают преимущественно в виде снега (до 250 мм). Энергия ветра (скорость) обычно умеренная (среднемесячная скорость ветра 4–5 м/с), а максимальная скорость приходится на месяцы с низкой солнечной активностью (сентябрь – май) [14].

Поверхностная выемка сырья может способствовать сохранению естественного гидрологического режима (избыточной увлажненности) места выемки и основана на принципах климатически сбалансированных методов ведения горных работ с элементами палудикюльтуры<sup>1</sup>.

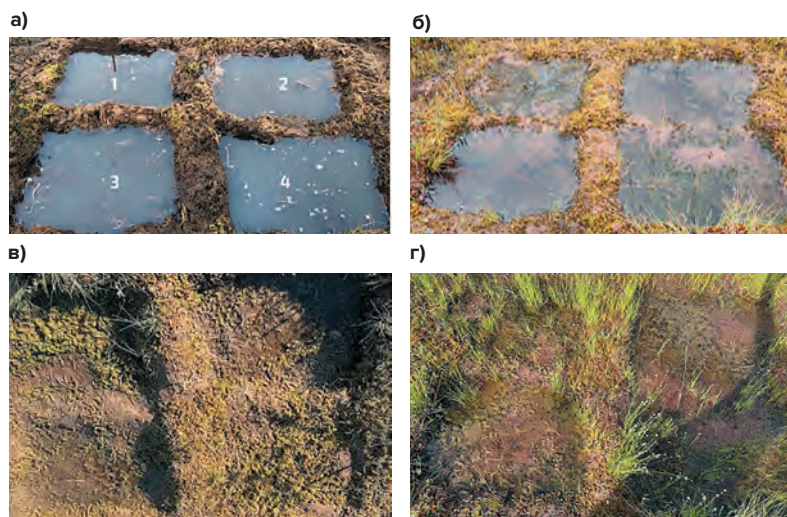
Палудикюльтура включает в себя инновационные практики по использованию торфа для производства изготовленных теплоизоляционных плит и фильтрующих материалов. Суть концепции палудикюльтуры состоит в выращивании видов растений, которые произрастают в условиях избыточного увлажнения [15]. Исследования Грайфсвальдского болотного центра в кооперации с институтом ботаники и ландшафтной экологии Грайфсвальдского университета доказывают экономическую эффективность палудикюльтурных проектов по выращиванию сфагнума [16].

Сфагновые мхи являются основными торфообразующими растениями в болотных фитоценозах. Однако при неуправляемом восстановлении в условиях торфяных месторождений процессы роста сфагнума происходят менее интенсивно [17; 18].

Важнейшим механизмом гидрологической саморегуляции на верховых болотах является верхний растительный слой (акротелм). На месторождениях верхового типа должны быть восстановлены определенные виды сфагнума, что может потребовать инокуляции этих видов с возможностью их реинтродукции<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Практики устойчивого использования торфяников в Беларуси: пилотные проекты и их перспективы. Режим доступа: <https://bahna.land/ru/bolota/praktiki-ustojchivogo-ispolzovaniya-torfyanikov-v-belarusi-pilotnyye-proekty-i-ikh-perspektivy> (дата доступа 24.10.2024).

<sup>2</sup> Paludikultur auf Hochmooren. Greifswald Mire Centre. Available at: <https://moorwissen.de/paludikultur-auf-hochmoor-standorten> (accessed: 29.10.2024).



**Рис. 1**  
Интенсивность восстановления растительности со временем:  
а – вид блока после выемки сырья;  
б – состояние после одного года восстановления;  
в – после двух лет восстановления;  
г – после двух с половиной лет восстановления

**Fig. 1**  
Intensity of the vegetation recovery over time: (a) view of the block after the excavation; (b) the condition after one year of recovery; (c) after two years of recovery; (d) after two and a half years of recovery

В условиях натурального месторождения проведен эксперимент по выемке торфяного сырья из поверхностного слоя торфяной залежи и определению скорости восстановления растительного слоя в лагунах при естественной колонизации растений данного фитоценоза и размеров берм-перемычек при организации лагун.

В рамках блока при выемке сырья из торфяной залежи выполнены 4 лагуны размерами 0,6х0,6 м на глубину 0,3 м с образованием берм-перемычек между лагунами. Ширина бермы в центральной части блока составляла 0,4 м, ширина остальных берм составляла 0,2 м. В первую и четвертую лагуны сразу после выемки для увеличения интенсивности восстановления растительного слоя проводилась инокуляция измельченного сфагнома (рис. 1).

В результате эксперимента установлено, что растительный покров в рецепторных участках первой и четвертой лагуны восстановился быстрее, чем в пустых (рис. 1, б и в). За 2,5 года восстановление растительности произошло на 70%, с доминированием сфагновых мхов (*Sphagnum magellanicum*), которые составляли почти три четверти всего растительного покрова. Наиболее интенсивно процесс восстановления растительности происходил по периферии лагун, где концентрация семян растений выше относительно центральной части выемки, размер бермы при этом не влияет на интенсивность восстановления покрова (определено визуально). Минимальная ширина перемычки между выемками, исходя из критерия устойчивости бермы, составляет 0,4 м.

#### Схемное решение блочной технологии выемки

Торфяная залежь относится к слабым грунтам, обладающим (с позиций механики грунтов) низкими показателями механических свойств. Им присущи избыточная увлажненность, высокая сжимаемость и низкая несущая способность. Грунт является одновременно и опорной поверхностью, и объектом разработки.

Тело верхнего слоя залежи имеет волокнистую, плейчатую или губчатую текстуру. В основном прочностные ха-

рактеристики залежи обеспечиваются связями между отдельными волокнами структурного скелета. Усредненные значения предела прочности на сдвиг – 20–30 кПа, величина удельного сопротивления грунта статическому зондированию – 65–75 кПа. Плотность залежи в естественном залегании – 430–570 кг/м<sup>3</sup> [19].

Поверхностная добыча торфяного сырья отличается вариацией метеорологических условий в процессе добычи и низкой несущей способностью торфяной залежи, поэтому основным технологическим требованием при ведении выемочных работ в условиях неосушенной залежи является проходимость технологического оборудования.

В целях производственной безопасности в отсутствие осушения функционирование оборудования допускается только по временным (щитовым) дорогам, обеспечивающим проходимость машин на поверхности залежи. Композитные дорожные маты используются для возведения временного дорожного полотна без применения специальной техники на болотах типа 1 и 2. Например, дорожная плита КДМ-ЭКО 2 размером 2,4х1,2 м и массой 45 кг – это легкая плита ручной укладки, обеспечивающая нагрузку до 30 т.

Основными преимуществами мобильных дорожных покрытий являются адаптивность к основанию местности, высокая скорость монтажа и демонтажа<sup>3</sup>.

На основе принципов рационального природопользования проведен анализ блочной технологии поверхностной выемки торфяного сырья из неосушенного торфяного месторождения. Рабочая зона месторождения разделяется на отдельные технологические участки для их последовательной разработки. Каждый участок располагается перпендикулярно берегу месторождения и состоит из центральной транспортной полосы (временной дороги) и двух боковых параллельных выемочных областей для выемки сырья (рис. 2, а и б).

Длина рабочей площадки  $L$  определяется продолжительностью сезона добычи и производительностью технологического оборудования. Ширина транспортной полосы  $B_{тр}$  определяется размерами дорожных покрытий.

Разработка выемочных областей производится блоками. В рамках каждого блока проводится серия циклов выемки сырья с образованием лагун и сохранением участков растительного слоя между соседними блоками и внутри каждого блока, глубина выемки составляет 0,3 м. Образованные участки (бермы-перемычки) служат естественным барьером для перемещения воды внутри блока [20; 21].

Исходя из принятых мероприятий по обеспечению проходимости технологического оборудования (укладка дорожного покрытия), горно-геологических условий формирования торфяной залежи целесообразной системой разработки является транспортная.

Выемка торфяного сырья осуществляется выемочно-погрузочным оборудованием циклического принципа действия с перемещением за пределы рабочей зоны с помощью транспортного средства [22–24].

Размеры блоков и лагун являются определяющими параметрами блочной технологии выемки торфяного сырья и зависят от параметров выемочного оборудования. При

<sup>3</sup> Дорожная плита «КДМ-ЭКО». Режим доступа: <https://gcksp.ru/dorozhnoe-stroitelstvo/dorozhnye-plity/kdm-eko/> (дата обращения: 20.10.2024).

производстве выемочных работ выемочное оборудование фиксируется в центре транспортной полосы. Ширина выемочной области (ширина одного блока  $B_{\text{бл}}$ ) определяется разностью между максимальным и минимальным радиусом копания выемочного оборудования (рис. 3, а).

Длина блока  $L_{\text{бл}}$  принимается равной его ширине  $B_{\text{бл}}$ . При разработке каждого блока образуются 4 лагуны, каждая из которых состоит из двух выемок (рис. 3, б).

Количество блоков на одном технологическом участке  $n_{\text{бл}}$  определяется исходя из длины транспортной полосы и длины блока:

$$n_{\text{бл}} = 2L / (L_{\text{бл}} + L_{\text{берм}}), \quad (1)$$

где  $L$  – длина рабочей площадки, м;  $L_{\text{бл}}$  – длина блока, м.

Реализация схемного решения блочной технологии выемки проходит в несколько этапов. В начале выполняются подготовительные работы: расчистка и разравнивание площадки на суходоле для укладки сырья в штабель с целью предварительного гравитационного обезвоживания, подготовка подъездной дороги к началу технологического участка и подготовка подъездной дороги для вывоза сырья из штабеля в цех переработки. Расстояние между штабелем и началом технологического участка должно быть достаточным для выполнения маневров технологического оборудования.

После совершения подготовительных работ проводятся: разметка трасс, подготовка основания технологического участка для укладки дорожного покрытия на трассах путем выравнивания рельефа местности на размеченных трассах. Затем производится монтаж дорожного покрытия на первой технологической площадке и на второй (см. рис. 2).

При завершении производственного цикла на первой площадке осуществляется перебазирование оборудования на вторую. Происходит демонтаж покрытия на первой площадке и его перемещение на третью параллельную площадку.

В состав производственных работ входит отработка блоков в выемочных областях. Отработка блоков происходит с образованием лагун внутри блока и введением вегетативной части растений на поверхность каждой лагуны. Для введения вегетативной части в лагуны используется сырье из верхнего слоя последующих блоков.

На основе схемного решения определены основные технико-технологические параметры блочной технологии

выемки торфяного сырья с поверхности месторождения.

Так как одна лагуна состоит из двух выемок, объем вынимаемого торфяного сырья рабочим органом выемочного оборудования в одном блоке  $V_{\text{бл}}$  определяется как:

$$V_{\text{бл}} = 2E_{\text{ро}} n_{\text{л}}, \quad (2)$$

где  $E_{\text{ро}}$  – вместимость рабочего органа, м<sup>3</sup>;  $n_{\text{л}}$  – количество лагун.

Объем вынимаемого торфяного сырья в одном технологическом участке  $V_{\text{п}}$  определяется объемом вынимаемого сырья в одном блоке и количеством блоков на технологическом участке:

$$V_{\text{п}} = V_{\text{бл}} n_{\text{бл}}, \quad (3)$$

где  $n_{\text{бл}}$  – количество блоков на одном технологическом участке.

Общая площадь выемочной области  $S_{\text{во}}$  определяется как произведение площади(и) блока и(на) их количество на технологическом участке:

$$S_{\text{ты}} = B_{\text{бл}} L_{\text{бл}} n_{\text{бл}}. \quad (4)$$

Разрабатываемая площадь технологического участка  $S_{\text{рпл}}$  включает в себя сумму площадей вынимаемых лагун:

$$S_{\text{рпл}} = B_{\text{л}} L_{\text{л}} n_{\text{л}} n_{\text{бл}}, \quad (5)$$

где  $B_{\text{л}}$  – ширина выемки, м;  $L_{\text{л}}$  – длина лагуны, м;  $n_{\text{л}}$  – количество лагун в одном блоке.

Коэффициент использования площади месторождения

$$k_{\text{ип}} = S_{\text{во}} / S_{\text{рпл}}. \quad (6)$$

Выбор транспортной системы разработки и определение основных принципов блочной технологии поверхностной выемки торфяного сырья позволяют сформировать комплект оборудования.

### Обоснование структуры технологического модуля

С целью формирования состава комплекта оборудования для реализации блочной технологии добычи торфяного сырья рассмотрен ряд интенсивных принципов выбора оборудования для систем открытой разработки [25; 26].

Исходя из общепринятых принципов агрегатирования принято в состав комплекта включить тягово-энергетическое средство – трактор, транспортное средство – полуприцеп и универсальное выемочно-погрузочное устройство

– гидроманипулятор с рабочим органом для выполнения производственных и вспомогательных работ [27; 28].

По принципу выбора параметров оборудования с учетом условий эксплуатации, поскольку перемещение оборудования происходит по настилу транспортной полосы, целесообразно для ведения работ применять трактор и полуприцеп на колесном ходу, что существенно уменьшает эксплуатационную массу оборудования.

С помощью технологического модуля выполняются операции по сооружению временной дороги из щитов (укладка щитов). Алгоритм функционирования технологического модуля в производственном цикле состоит из последовательных операций: заезд обратным хо-

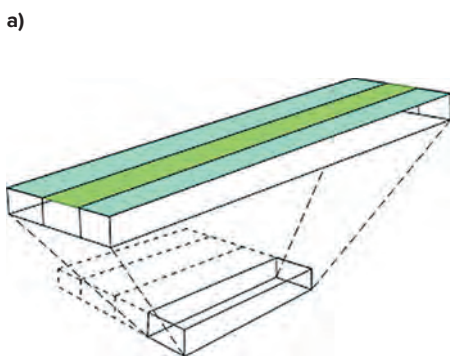


Рис. 2  
Схемное решение блочной технологии выемки: а – отношения приоритета первичных блоков; б – схема расположения технологических участков

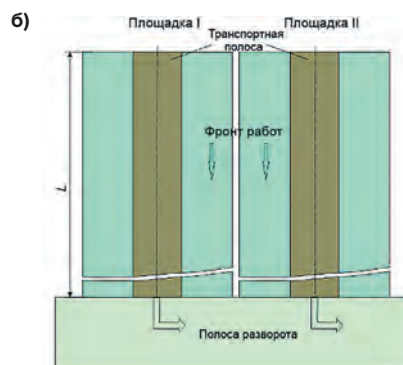
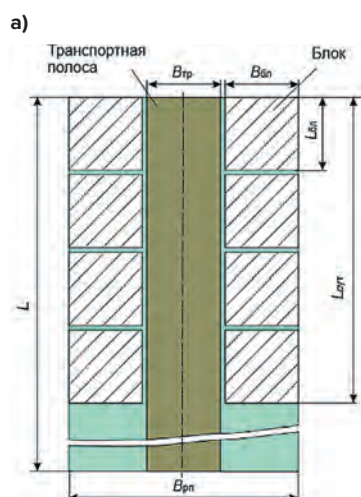
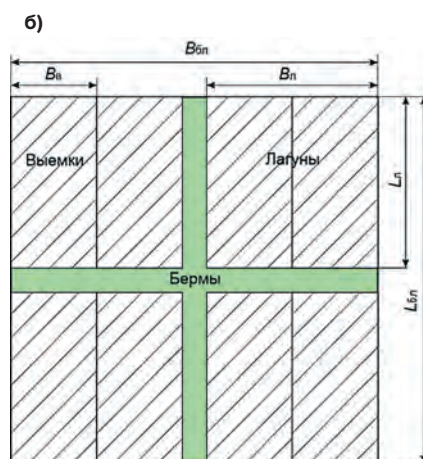


Fig. 2  
Design of the block excavation technology: (a) priority relations of the primary blocks; (b) layout of the technological areas



**Рис. 3**  
**Выемочные блоки:**  
а – расположение выемочных блоков на рабочей площадке;  
б – схема блока с лагунами



**Fig. 3**  
**Excavation blocks: (a) location of the excavation blocks on the working site;**  
**(b) a schematic view of the block with the lagoons**

дом технологического модуля на транспортную полосу до фронта работ, проведение выемки торфяного сырья, его погрузка в кузов транспортного средства и вывоз сырья за пределы рабочей площадки в штабель. Цикл повторяется по всей длине рабочей площадки.

Исследования показывают, что применение комбинированных агрегатов позволяет снизить затраты труда на 30–50%, расход топлива на 20–30%, металлоемкость на 20–25%. При выборе оборудования принимался во внимание ряд групповых факторов: экономические, технические и условия эксплуатации [28]. Исходя из результатов исследования в качестве выемочного оборудования скомпонован многофункциональный технологический модуль для выполнения работ по укладке дорожных плит и осуществления выемки сырья.

На основе многолетнего опыта эксплуатации тракторов низкого тягового класса в агропромышленном и лесном секторах в качестве универсального тягово-энергетического средства выбран колесный трактор МТЗ-622 эксплуатационной массой 2410 кг, тягового класса 0,9 с двигателем мощностью 46 кВт<sup>4</sup>.

Для транспортных работ выбран колесный полуприцеп-самосвал, оборудованный пневматическими колесами 24X13-12 с эксплуатационной массой 1050 кг с кузовом емкостью 2 м<sup>3</sup>. Грузоподъемность полуприцепа 2000 кг<sup>5</sup>.

В передней части полуприцепа на поворотной колонне монтируется шарнирно-сочлененный гидроманипулятор массой 350 кг. Управление гидроманипулятором осуществляется из кабины трактора. Грузоподъемность гидроманипулятора при длине вылета стрелы 3,5 м достигает 550 кг. Максимальный радиус стрелы манипулятора – 4,7 м<sup>6</sup> [29].

При анализе принципов блочной технологии поверхностной выемки определены технологические требования

к выбору рабочего органа для выемки торфяного сырья:

- возможность выполнения сосредоточенных выемок из поверхностного слоя месторождения с необходимостью организации берм-перемычек между лагунами;
- минимизация нарушения структуры сырья в процессе выемки с целью сохранения эксплуатационных свойств органогенного материала;
- устойчивость модуля при совершении выемочных операций, которая зависит от массы захватываемого материала при выемке (емкости рабочего органа).

При поиске вариантов обеспечения технологических требований для операций по

вертикальной выемке торфяного сырья из залежи предложен двухчелюстной вильчатый грейфер вместимостью 0,13 м<sup>3</sup> с размахом челюстей 1,26 м, шириной 0,65 м<sup>7</sup>.

### Основные показатели производственного процесса

Исходя из выбранных параметров выемочного оборудования с учетом продолжительности сезона добычи и принципов палудикультуры принимается, что в течение сезона отрабатываются два технологических участка (см. рис. 2).

Из разности значений максимального радиуса копания модуля и его минимального радиуса копания, который зависит от ширины дорожного покрытия и технологического зазора между блоками и дорожным покрытием, ширина блока равна 2,8 м.

Ввиду того что один блок состоит из четырех лагун, а одна лагуна состоит из двух выемок, объем сырья, вынимаемого из одного блока, по выражению (2) равен:

$$V_{\text{бл}} = 2E_{\text{ро}} n_{\text{л}} = 2 \cdot 0,25 \cdot 4 = 2 \text{ м}^3.$$

Исходя из объема кузова полуприцепа, продолжительности цикла выемки и погрузки сырья и вывоза погруженного сырья в штабель принимается, что за 8-часовую смену может быть отработано восемь блоков, а объем вынимаемого сырья за смену 16 м<sup>3</sup>.

При отработке восьми блоков фронт работ за одну смену перемещается на величину  $L_{\text{сут}}$ :

$$L_{\text{сут}} = 4(L_{\text{бл}} + L_{\text{берм}}) = 4(2,8 + 0,4) = 12,8 \text{ м}.$$

Календарные сроки сезона добычи для III района расположения торфяных месторождений с 5 мая по 31 июля. Число рабочих дней – 60 [30; 31]. Организация добычных работ разделена на два равных периода по 30 дней (смен), отсюда длина одного технологического участка  $L$ :

$$L = 30L_{\text{сут}} = 30 \cdot 12,8 = 384 \text{ м}.$$

Согласно выражению (1) количество блоков на одном технологическом участке:

$$n_{\text{бл}} = 2 \cdot 384 / (2,8 + 0,4) = 240 \text{ блоков}.$$

За весь добычный сезон на двух технологических участках количество блоков равно 480. Следовательно, объем вынимаемого сырья составляет 960 м<sup>3</sup>.

Основные технико-технологические показатели производственного процесса при ведении выемочных работ

<sup>4</sup> Каталог продукции тракторов Беларус. Режим доступа: [https://www.belmtz.ru/catalog/tractors/traktor\\_belarus\\_622.html?ysclid=m2kveob9v7339925](https://www.belmtz.ru/catalog/tractors/traktor_belarus_622.html?ysclid=m2kveob9v7339925) (дата обращения: 22.10.2024).

<sup>5</sup> Транспортный полуприцеп Country T30. Режим доступа: <https://agroservers.ru/b/trelevochnyy-pritsep-country-t30> (дата обращения: 22.10.2024).

<sup>6</sup> Манипулятор Country 40T. Режим доступа: <https://ehkskavator.ru/item/524158> (дата обращения: 30.10.2024).

<sup>7</sup> Вильчатый грейфер 30.02. Режим доступа: [https://gidroteh-k.ru/?page\\_id=416&ysclid=m2wb5py0wt30905089](https://gidroteh-k.ru/?page_id=416&ysclid=m2wb5py0wt30905089) (дата обращения: 30.10.2024).

**Таблица 1**  
Основные показатели  
производственного процесса

**Table 1**  
The main parameters  
of the production process

Параметр	Значение
Длина рабочей площадки, м	384
Количество рабочей площадки, шт.	2
Ширина выемочного блока, м	2,8
Длина выемочного блока, м	2,8
Количество блоков на одной технологической площадке, шт.	240
Количество блоков за сезон, шт.	480
Объем вынимаемого сырья из одного блока, м <sup>3</sup>	2
Объем вынимаемого полезного ископаемого за сезон, м <sup>3</sup>	960
Коэффициент использования площади	0,82

с принятыми условиями разработки месторождения приведены в табл. 1.

Таким образом, при реализации блочной технологии поверхностной выемки торфяного сырья верхового типа выемочные и вспомогательные работы целесообразно проводить с помощью многофункционального технологического модуля, в состав которого входят колесный трактор, колесный полуприцеп-самосвал, гидроманипулятор и двухчелюстной гидравлический вильчатый грейфер.

В ходе работы подобраны марки и модели составных частей многофункционального технологического модуля для производства выемочных и вспомогательных работ. Определены основные показатели производственного процесса при реализации блочной технологии.

**Заключение**

Проведен анализ блочной технологии выемки торфяного сырья верхового типа с поверхности месторождения,

в основе которой лежит проведение выемочных работ без подготовки и осушения производственных территорий. Принято, что выемочные работы выполняются с временной дороги, монтируемой из мобильных дорожных покрытий, состоящих из плит, которые с помощью замковых соединений образуют единое дорожное полотно на торфяной залежи.

При анализе условий залегания поверхностного слоя торфяной залежи на исследуемом месторождении и анализе условий поверхностной добычи торфяного сырья принята транспортная система разработки месторождения. Рабочая зона месторождения разделена на технологические участки, в которых выделены функциональные элементы системы разработки – транспортная полоса и две параллельные выемочные области.

Выемочные области разделяются на блоки, разработка которых ведется с образованием лагун с использованием принципов палудикультуры (с сохранением участков растительного слоя по периферии блока и лагун с реинтродукцией материала в центр лагун). Экспериментально установлено, что образование лагун и применение принципов палудикультуры ускоряет восстановление растительного слоя внутри блока: за 2,5 года растительный слой внутри лагуны восстановился на 70%, а ширина бермы-перемычки между блоками из критерия обеспечения ее устойчивости составляет 0,4 м.

При формировании состава комплекта оборудования для реализации блочной технологии выемки торфяного сырья верхового типа предложен многофункциональный технологический модуль, в состав которого входят колесный трактор тягового класса, колесный полуприцеп-самосвал, гидроманипулятор и двухчелюстной гидравлический вильчатый грейфер.

Приведен алгоритм реализации блочной технологии поверхностной выемки торфяного сырья малой степени разложения и определены ее основные технико-технологические показатели.

**Вклад авторов**

**А.В. Михайлов** – генерация идеи и постановка задач исследования.

**Ю.А. Казаков** – написание текста статьи, выполнение работы по систематизации материала, анализу данных и созданию схем.

**И.В. Соловьев** – получение данных для анализа, создание схем, написание текста статьи.

**Authors' contribution**

**A.V. Mikhailov** – generation of the idea and setting of the research objectives

**Y.A. Kazakov** – writing the text of the article, performing the work on systematization of the material, data analysis and creation of schemes

**I.V. Soloviev** – obtaining data for analysis, creation of schemes, writing the text of the article.

**Список литературы / References**

- Анисимова Т.Ю. Результаты исследований применения торфа и компостов на его основе. *Агротехнический вестник*. 2013;(4):16–20.  
Anisimova T.Yu. Results of researches on peat use in agriculture. *Agrochemical Herald*. 2013;(4):16–20. (In Russ.)
- Пашкевич М.А., Данилов А.С., Матвеева В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие: новые подходы к очистке сточных вод. *Записки Горного института*. 2024;267:341–342. Режим доступа: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16538> (дата обращения: 30.10.2024).  
Pashkevich M.A., Danilov A.S., Matveeva V.A. Environmental safety and sustainable development: new approaches to wastewater treatment. *Journal of Mining Institute*. 2024;267:341–342. Available at: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16538> (accessed: 30.10.2024).

3. Мякотных А.А., Иванова П.В., Иванов С.Л. Критерии и технологические требования создания мостовой платформы добычи торфяного сырья для климатически нейтральной геотехнологии. *Горная промышленность*. 2024;(4):116–120. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-4-116-120>  
Myakotnykh A.A., Ivanova P.V., Ivanov S.L. Criteria and technological requirements for creation of a bridge platform to extract peat raw materials for climate-neutral geotechnology. *Russian Mining Industry*. 2024;(4):116–120. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-4-116-120>
4. Annelis A.E. *Mineral Deposit Evaluation. A practical approach*. Springer; 1991. 436 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-9714-4>
5. Birch C. Impact of the South African mineral resource royalty on cut-off grades for narrow, tabular Witwatersrand gold deposits. *Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2016;116(2):237–246. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/2016/v116n3a4>
6. Hall B. *Cut-off grades and optimizing the strategic mine plan*. Carlton, Vic.: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2014. 328 p. Available at: [https://www.ausimm.com/globalassets/rio---pubs-not-on-onemine/spectrum/cut-off\\_grades\\_and\\_optimising\\_the\\_strategic\\_mine\\_plan.pdf](https://www.ausimm.com/globalassets/rio---pubs-not-on-onemine/spectrum/cut-off_grades_and_optimising_the_strategic_mine_plan.pdf) (accessed: 30.10.2024).
7. Arteaga F., Nehring M., Knights P., Camus J. Schemes of exploitation in open pit mining. In: Drebenstedt C., Singhal R. (eds) *Mine Planning and Equipment Selection*. Springer, Cham; 2014, pp. 1307–1319. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02678-7\\_126](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02678-7_126)
8. Nancel-Penard P., Morales N. Optimizing pushback design considering minimum mining width for open pit strategic planning. *Engineering Optimization*. 2022;54(9):1494–1508. <https://doi.org/10.1080/0305215X.2021.1941919>
9. Женихов Ю.Н., Панов В.В., Женихов К.Ю. Разработка торфяных месторождений и охрана окружающей среды. *Труды Инсторфа*. 2023;(28):3–9.  
Zhenikhov Yu.N., Panov V.V., Zhenikhov K.Yu. Development of peat deposits and environmental protection. *Trudy Instorfa*. 2023;(28):3–9. (In Russ.)
10. Столбикова Г.Е., Купорова А.В. Исследование эффективности осушения производственных площадей добычи торфа. *Труды Инсторфа*. 2023;(27):28–32.  
Stolbikova G.E., Kuporova A.V. Study of the efficiency of drainage of production areas of peat extraction. *Trudy Instorfa*. 2023;(27):28–32. (In Russ.)
11. Быкова Е.Н., Хайкин М.М., Шабаетова Ю.И., Белобородова М.Д. Развитие методологии экономической оценки земельных участков для добычи и переработки твердых полезных ископаемых. *Записки Горного института*. 2023;259:52–67. <https://doi.org/10.31897/PMI.2023.6>  
Bykova E.N., Khaykin M.M., Shabaeva Y.I., Beloborodova M.D. Development of methodology for economic evaluation of land plots for the extraction and processing of solid minerals. *Journal of Mining Institute*. 2023;259:52–67. <https://doi.org/10.31897/PMI.2023.6>
12. Литвиненко В.С., Петров Е.И., Василевская Д.В., Яковенко А.В., Наумов И.А., Ратников М.А. Оценка роли государства в управлении минеральными ресурсами. *Записки Горного института*. 2023;259:95–111. <https://doi.org/10.31897/PMI.2022.100>  
Litvinenko V.S., Petrov E.I., Vasilevskaya D.V., Yakovenko A.V., Naumov I.A., Ratnikov M.A. Assessment of the role of the state in the management of mineral resources. *Journal of Mining Institute*. 2023;259:95–111. <https://doi.org/10.31897/PMI.2022.100>
13. Шевелева Н.А. Разработка и обоснование подхода к эколого-экономической оценке проектов декарбонизации нефтегазовой компании. *Записки Горного института*. 2024;270:1038–1055. Режим доступа: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16346> (дата обращения: 30.10.2024).  
Sheveleva N.A. Development and validation of an approach to the environmental and economic assessment of decarbonization projects in the oil and gas sector. *Journal of Mining Institute*. 2024;270:1038–1055. Available at: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16346> (accessed: 30.10.2024).
14. Пигольцина Г.Б. Ресурсы солнечной радиации Ленинградской области. *Общество. Среда. Развитие*. 2009;(2):181–191. Режим доступа: [https://www.terrahumana.ru/arhiv/09\\_02/09\\_02\\_18.pdf](https://www.terrahumana.ru/arhiv/09_02/09_02_18.pdf) (дата обращения: 30.10.2024).  
Pigoltsina G.B. The solar radiation resources of the Leningrad Region. *Society. Environment. Development*. 2009;(2):181–191. (In Russ.) Available at: [https://www.terrahumana.ru/arhiv/09\\_02/09\\_02\\_18.pdf](https://www.terrahumana.ru/arhiv/09_02/09_02_18.pdf) (accessed: 30.10.2024).
15. Borg Dahl M., Krebs M., Unterseher M., Urich T., Gaudig G. Temporal dynamics in the taxonomic and functional profile of the Sphagnum-associated fungi (mycobiomes) in a Sphagnum farming field site in Northwestern Germany. *FEMS Microbiology Ecology*. 2020;96(11):fiaa204. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiaa204>
16. Clymo R.S., Hayward P.M. The ecology of *Sphagnum*. In: Smith, A.I.E. (ed.): *Bryophyte Ecology*. Springer, Dordrecht; 1982, pp. 229–289. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-5891-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-009-5891-3_8)
17. Campbell D., Corson A. Can mulch and fertilizer alone rehabilitate surface-disturbed subarctic peatlands? *Ecological Restoration*. 2014;32(2):153–160. <https://doi.org/10.3368/er.32.2.153>
18. Joosten H., Duene E.V. *Global guidelines for peatland rewetting and restoration*. Ramsar Technical Report No. 11. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands; 2021. 77 pp. Available at: [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/rtr11\\_peatland\\_rewetting\\_restoration\\_e.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/rtr11_peatland_rewetting_restoration_e.pdf) (accessed: 30.10.2024).
19. Амарян Л.С. *Свойства слабых грунтов и методы их изучения*. М.: Недра; 1990. 220 с. Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/33899> (дата обращения: 30.10.2024).
20. Joosten H., Clarke D. *Wise use of mires and peatlands: background and principles including a framework for decision-making*. International Mire Conservation Group: International Peat Society, Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi, Finland; 2002. 324 p.
21. Anderson R., Peace A. Ten-year results of a comparison of methods for restoring afforested blanket bog. *Mires and Peat*. 2017;19(6):6. <https://doi.org/10.19189/MaP.2015.OMB.214>

22. Хамидов О.У., Шибанов Д.А., Шишкин П.В., Колпаков В.О. Эффективность применения экскаваторов на карьерах Узбекистана. *Горная промышленность*. 2024;(5):135–142. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-5-135-142>  
Khamidov O.U., Shibanov D.A., Shishkin P.V., Kolpakov V.O. Efficiency of excavators application in open pit mines of Uzbekistan. *Russian Mining Industry*. 2024;(5):135–142. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-5-135-142>
23. Маринин М. А., Рахманов Р. А., Должиков В. В., Сушкова В. И. Исследование влияния параметров взорванной горной массы на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2023;(9-1):35–48. [https://doi.org/10.25018/0236\\_1493\\_2023\\_91\\_0\\_35](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2023_91_0_35)  
Marinin M. A., Rakhmanov R. A., Dolzhikov V. V., Sushkova V. I. Study of the effect of blasted rock mass parameters on the performance of excavator-automobile complex. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2023;(9-1):35–48. (In Russ.) [https://doi.org/10.25018/0236\\_1493\\_2023\\_91\\_0\\_35](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2023_91_0_35)
24. Иванов В.В., Дзюрнич Д.О. Обоснование параметров технологической схемы разработки обводненных месторождений строительного песка. *Записки Горного института*. 2022;253:33–40. <https://doi.org/10.31897/PMI.2022.3>  
Ivanov V.V., Dzyurich D.O. Justification of the technological scheme parameters for the development of flooded deposits of construction sand. *Journal of Mining Institute*. 2022;253:33–40. <https://doi.org/10.31897/PMI.2022.3>
25. Носков В.А., Бадтиев Б.П., Павлович А.А. Риск-менеджмент при ведении открытых горных работ. *Горный журнал*. 2020;(2):51–55. <https://doi.org/10.17580/gzh.2020.02.06>  
Noskov V.A., Badtiev B.P., Pavlovich A.A. (2020). Risk management in open pit mining. *Gornyi Zhurnal*. 2020;(2):51–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.17580/gzh.2020.02.06>
26. Kazanin O.I., Sidorenko A.A., Meshkov A.A., Sidorenko S.A. Reproduction of the longwall panels: modern requirements for the technology and organization of the development operations at coal mines. *Eurasian Mining*. 2020;(2):19–23. <https://doi.org/10.17580/em.2020.02.05>
27. Фомин С.И., Говоров А.С. Обоснование выбора бортового содержания полезных компонентов в руде при проектировании карьеров. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2023;(12):169–182.  
Fomin S.I., Govorov A.S. Validation of the chosen cutoff grade value in open pit mine design. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2023;(12):169–182. (In Russ.) [https://doi.org/10.25018/0236\\_1493\\_2023\\_12\\_0\\_169](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2023_12_0_169)
28. Михайлов А.В., Иванов С.Л., Габов В.В. Формирование и эффективное использование машинного парка торфодобывающих компаний. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2015;(14):82–91. <https://doi.org/10.15593/224-9923/2015.14.9>  
Mikhailov A.V., Ivanov S.L., Gabov V.V. Creation and efficient operation of machine fleet in peat-processing companies. *Vestnik Permskogo Natsionalnogo Issledovatel'skogo Politekhnicheskogo Universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i Gornoe Delo*. 2015;(14):82–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.15593/224-9923/2015.14.9>
29. Михайлов А.В., Таранов А.Г. Параметры грейфера гидроманипулятора при выемке торфяного сырья. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016;(4-2):129–131. <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.46.240>  
Mikhailov A.V., Taranov A.G. Hydraulic manipulator grab parameters at excavation of peat. *International Research Journal*. 2016;(4-2):129–131. (In Russ.) <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.46.240>
30. Афанасьев А.Е., Малков Л.М., Смирнов В.И., Столбикова Г.Е., Шамбер О.В. *Технология и комплексная механизация разработки торфяных месторождений*. М.: Недра; 1987. 310 с.
31. Batkovskiy A.M., Trofimets V.Y., Turko N.I. Forecasting financial results of the enterprises' activities under the conditions of fluctuations in production volumes. In: Bogoviz A., Ragulina Y. (eds) *Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. ISCI 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 115*. Springer, Cham; 2020, pp. 395–401. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-40749-0\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40749-0_47)

**Информация об авторах**

**Александр Викторович Михайлов** – доктор технических наук, профессор кафедры машиностроения, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: [Mikhayov\\_AV@pers.spmi.ru](mailto:Mikhayov_AV@pers.spmi.ru)

**Юрий Алексеевич Казаков** – кандидат технических наук, ассистент кафедры машиностроения, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: [Kazakov\\_YuA@pers.spmi.ru](mailto:Kazakov_YuA@pers.spmi.ru)

**Иван Васильевич Соловьев** – аспирант кафедры машиностроения, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: [vanyadeveraux@yandex.ru](mailto:vanyadeveraux@yandex.ru)

**Information about the authors**

**Aleksandr V. Mikhailov** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Mechanical Engineering, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation; e-mail: [Mikhayov\\_AV@pers.spmi.ru](mailto:Mikhayov_AV@pers.spmi.ru)

**Yury A. Kazakov** – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation; e-mail: [Kazakov\\_YuA@pers.spmi.ru](mailto:Kazakov_YuA@pers.spmi.ru)

**Ivan V. Soloviev** – Postgraduate Student, Department of Mechanical Engineering, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation; Saint Petersburg, Russian Federation; e-mail: [vanyadeveraux@yandex.ru](mailto:vanyadeveraux@yandex.ru)

**Article info**

Received: 28.10.2024

Revised: 09.01.2025

Accepted: 13.01.2025