

# Рациональная технология комплексной разработки торфяных месторождений

А.В. Михайлов<sup>1</sup>, А.И. Жигульская<sup>2</sup>, Ю.А. Казаков<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Российская Федерация

✉ Kazakov\_YuA@pers.spmi.ru

**Резюме:** В статье дан анализ рациональной схемы бульдозерной технологии комплексной поверхностно-послойной добычи торфяного сырья и древесных отходов, способствующей энерго- и ресурсосбережению. На основе природоохранных принципов рационального природопользования обеспечивается полнота извлечения полезных компонентов торфяного месторождения. В настоящее время перспективными направлениями использования торфяного сырья становятся агропромышленное и природоохранное. Пути технического перевооружения и повышения эффективной эксплуатации комплектов машин рассматриваются с учетом масштабного фактора торфодобывающих компаний. Показаны преимущества технологии разработки торфяного месторождения, которая может быть использована для малых торфяных компаний. Выбор оборудования для бульдозерной технологии базируется с учетом предельных условий его функционирования, снижения энергоемкости процесса; совместимости оборудования по параметрам; универсальности и многофункциональности.

**Ключевые слова:** торфяное месторождение, торфодобывающая компания, поверхностно-послойная технология, бульдозерный способ, торфяное сырье, древесные отходы

**Для цитирования:** Михайлов А.В., Жигульская А.И., Казаков Ю.А. Рациональная технология комплексной разработки торфяных месторождений. *Горная промышленность*. 2024;(1):66–69. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-1-66-69>

## Rational technology for integrated mining of peat deposits

A.V. Mikhailov<sup>1</sup>, A.I. Zhigulskaya<sup>2</sup>, Yu.A. Kazakov<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Tver State Technical University, Tver, Russian Federation

✉ Kazakov\_YuA@pers.spmi.ru

**Abstract:** The article analyzes a rational scheme of bulldozer technology of complex surface layer-wise extraction of peat raw materials and wood remains, which contributes to energy and resource saving. Complete extraction of useful components from peat deposits is achieved based on the environmental principles of rational use of natural resources. Agro-industrial and environmental protection are currently becoming promising directions for the use of peat raw materials. The ways of technical retooling and enhancing the efficiency of equipment operation are considered with account for the scale factor of the peat-mining companies. The advantages of the peat mining technology, which can be used in small-scale peat mining companies, are shown. The choice of equipment for the bulldozer technology is made with consideration of the limiting conditions for its application, reduction of the energy intensity of the process; equipment match by technical specifications; versatility and multitask capability.

**Ключевые слова:** peat deposit, peat mining company, surface layer-wise mining method, bulldozer method, peat, wood remains

**Для цитирования:** Mikhailov A.V., Zhigulskaya A.I., Kazakov Yu.A. Rational technology for integrated mining of peat deposits. *Russian Mining Industry*. 2024;(1):66–69. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-1-66-69>

### Введение

Одним из основных направлений развития горнодобывающей промышленности страны на современном этапе является техническое перевооружение на основе наилучших доступных технологий.

Современные «зеленые» методы технологий горной промышленности должны стать широко распространенными [1]. Концепция «Зеленой добычи полезных ископаемых» (GM) была разработана в качестве основного инструмента в области устойчивой добычи полезных ископаемых для извлечения всех полезных компонен-

тов залежи и сводит к минимуму отходы добычи [2–4].

В работе [5] предложена концепция с анализом традиционного и альтернативного подходов в горной промышленности к максимальному использованию полезных компонентов залежи (главных, второстепенных и сопутствующих ископаемых).

Основные особенности существующего подхода в горной промышленности:

- неоптимизированные процессы с относительно высокими потерями полезных компонентов – в результате большой объем отходов;

- негативное воздействие на окружающую среду;
- низкое возмещение косвенных затрат.

Особенности альтернативного подхода в горной промышленности:

- увеличение уровня извлечения главного продукта/снижение потерь;
- использование побочных и сопровождающих продуктов/уменьшение остатков;
- использование природоохранных технологий;
- проведение рекультивации территории выработанных месторождений;
- сокращение косвенных затрат.

Общие тенденции альтернативной горной промышленности [5]:

- рост доходности из-за сокращения потерь и дополнительной продажи продуктов из побочного сырья;
- снижение косвенных затрат из-за снижения объема отходов и потенциала загрязнения;
- снижение прибыли из-за учета косвенных затрат и дополнительных технических мер, для достижения более высокого уровня извлечения и более высокой природоохранной эффективности.

Большинство торфяных месторождений разрабатываются с применением операций корчевания древесных включений из залежи. При добыче торфяного сырья извлекают значительное количество древесных остатков, которые складывают за пределами технологических площадок. Концентрация большого количества сухих древесных отходов повышает пожароопасные риски на торфяном месторождении. Таким образом, одной из главных задач торфяной отрасли является разработка комплексных сбалансированных технологий добычи и переработки всех органических ресурсов, находящихся в торфяном месторождении [6].

Цель данной статьи состоит в анализе рациональной технологии поверхностно-послойной добычи торфяного сырья для заводского производства продукции агропромышленного и природоохранного направлений использования на основе критериев эффективности выбора технологического оборудования.

### Анализ предлагаемой схемы технологии

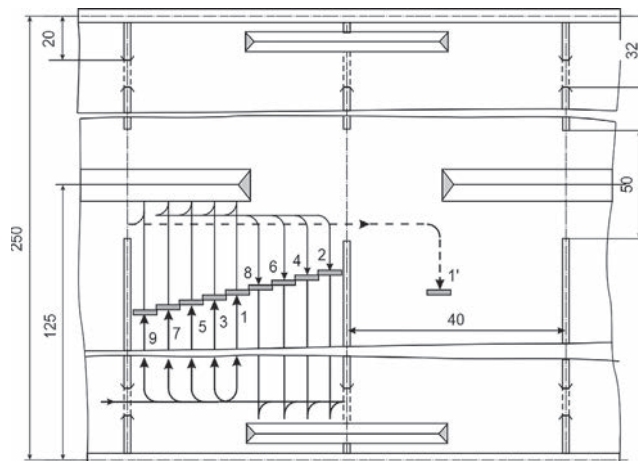
В современных условиях торфяная продукция в России производится в основном малыми торфодобывающими компаниями. В соответствии с современным состоянием масштабов производства и перспективами развития отрасли прогнозируется использование «простых» технологий для малых торфодобывающих компаний с минимальным количеством агрегируемых и универсальных машин и совмещением технологических операций в рамках параллельных процессов комплексной выемки всех компонентов торфяной залежи. Потенциальные возможности применения схемы бульдозерной технологии по производительности – до 20–40 тыс. т в год торфяного сырья.

Технологический процесс поверхностно-послойной добычи торфяного сырья бульдозерным способом включает операции:

- рыхления верхнего слоя торфяной залежи;
- сбора подсушенного разрыхленного слоя;
- транспортирования к месту складирования и штабелирования торфяного сырья.

Бульдозерным отвалом сгребается слой разрыхленного и подсушенного торфяного сырья и транспортируется к месту складирования. Сбор производится при достижении

торфяным сырьем в расстиле влажности не более 65% при добыче сырья повышенной влажности при увеличенном числе циклов. Одновременно навесной пассивной дисковой боронной производится рыхление верхнего слоя торфяной залежи на глубину 15–20 мм. Уборка торфяного сырья и рыхление производятся по кольцевой схеме на двух смежных технологических площадках (рис. 1).



**Рис. 1**  
Схема технологической площадки поверхностно-послойной добычи торфяного сырья бульдозерным способом

**Fig. 1**  
A schematic diagram of a technological site for surface layer-wise peat extraction using the bulldozer method

При корчевании древесных включений бульдозер с отвалом-корчевателем и пятизубым рыхлителем функционирует по аналогичной схеме в период с мая по октябрь.

Содержание древесных включений в торфяной залежи характеризуется процентным отношением их объема в торфяной залежи к её объёму. Общая характеристика содержания древесных включений торфяной залежи: до 0,5% – малое; 0,6–1% – среднее; 1,1–2% – выше среднего; 2,1–3% – большое; свыше 3% – очень большое [7].

На рис. 2 показана технологическая последовательность комплексной разработки торфяного месторождения с последовательной добычей торфяного сырья и корчеванием древесных включений (по горизонтам). На первой стадии производится вскрыша верхнего слоя торфяной залежи с древостоем, растительными остатками и древесными включениями. По мере сработки торфяной залежи происходит периодическое корчевание древесных включений с их сбором и удалением за пределы технологической площадки.

Древесные включения средних размеров массой до 30 кг извлекаются навесным спереди отвалом-корчевателем. Крупные древесные включения массой до 70 кг извлекаются навесным сзади пятизубым рыхлителем. Эффективность работы бульдозерно-корчевательного агрегата определяется его массой и усилием, создаваемым гидросистемой, что обеспечивает быстрое заглубление зубьев рыхлителя в слабый грунт и постоянную глубину корчевания крупных древесных включений [8].

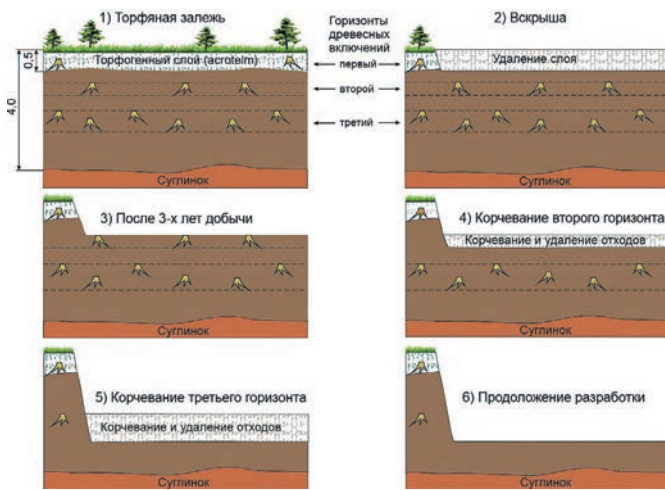
Вспомогательными операциями, проводимыми вне технологических циклов добычи и корчевания, являются сбор с поверхности технологических площадок мелких древесных отходов и их транспортирование на склад древесных отходов.

**Анализ комплекта оборудования**

Выполнение производственных процессов добычи торфяного сырья и ремонта площадей в технологическом потоке обеспечивается механизированными комплектами оборудования в рабочей зоне технологических площадок. Все машины комплекта являются мобильными.

Бульдозер и фронтальный погрузчик являются базовыми машинами для навески сменного оборудования пассивного типа, что снижает общую капиталоемкость основного оборудования, а также они могут функционировать в условиях слабого грунта<sup>1</sup>.

Основным трактором в схеме бульдозерной технологии является гусеничный трактор тягового класса 10, который обеспечит достаточную производительность на совмещенных операциях добычи торфяного сырья и корчевания древесных включений. Структура комплексной механизации горных работ в рабочей зоне технологических площадок построена по однолинейной схеме (см. рис. 2).



**Рис. 2**  
Этапы комплексной разработки торфяного месторождения с последовательной добычей торфяного сырья и корчеванием древесных включений (по горизонтам)

**Fig. 2**  
Stages of complex development of a peat deposit with sequential extraction of peat raw materials and stump extraction of wood remains (by layers)

На операциях штабелирования торфяного сырья, а также для погрузки древесных отходов в кузов транспортного средства и в бункер измельчителя используется торфяной фронтальный погрузчик Амкодор 342Р-01 с удлиненной стрелой и сменным рабочим оборудованием (ковш, прижимные вилы). В рамках предложенной схемы бульдозерной технологии фронтальный погрузчик предназначен для перемещения торфяного сырья из навалов в штабели высотой до 6 м<sup>2</sup>.

Горнотранспортный агрегат для вывозки древесных отходов состоит из колесного трактора-тягача со сдвоенными флотационными шинами и двухосного полуприцепа также на сдвоенных флотационных шинах, что повыша-

ет проходимость горнотранспортного агрегата на слабых грунтах [9].

Извлеченные методом корчевания древесные отходы выгружаются в отвал, из которого забираются навесными на фронтальный погрузчик вилами для подачи в модуль дробления с получением щепы<sup>3</sup>.

На рис. 3 показаны структурные схемы мобильных комплектов оборудования, занятых в процессах добычи торфяного сырья, удаления древесных включений и переработки древесных отходов.



**Рис. 3**  
Структурная схема мобильных комплектов оборудования

**Fig. 3**  
A structure diagram of mobile equipment sets

**Таблица 1**  
Эффективные параметры машин комплекта

**Table 1**  
Efficient parameters of machines

Оборудование	Объем ковша/отвала/кузова, м <sup>3</sup>	Ширина гусениц, мм	Тип колес	Давление на грунт, кПа
Бульдозер	9,7	900	–	32
Бульдозер-корчеватель	3,0	900	–	32
Фронтальный погрузчик	4,0	–	66-43.00 R25 SB-1	28
Полуприцеп	5,5	–	600/50R22.5	32
Машина для сбора МДО	7,0	–	21.3-24	38
Трактор колесный	–	–	420/70R24 18,4R38	60

В табл. 1 приведены эффективные параметры машин комплекта на технологической площадке.

Приведенная схема комплексной технологии разработки торфяного месторождения отличается полным использованием всех ресурсов торфяного месторождения при сокращении парка оборудования.

**Заключение**

В статье приведена концептуальная схема устойчивого развития торфяного производства. На основе природоохранных принципов рационального природопользования обеспечиваются достаточные для малых компаний полнота и комплексность извлечения полезных компонентов торфяного месторождения.

На основе анализа и обобщения информации из научной литературы и нормативно-технической документации по

<sup>3</sup> ГОСТ Р 55116-2012 (ЕН 14961-4:2011) Биотопливо твердое. Технические характеристики и классы топлива. Часть 4. Щепка для непромышленного использования. М.: Стандартинформ; 2019. 16 с.

безотходным технологиям в России и за рубежом, системного анализа сформулированы требования к безотходной геотехнологии разработки месторождений и безотходного производства торфяного сырья и технологической щепы для агропромышленного и природоохранного направлений использования. Все технологические операции выполняются многофункциональными агрегатами для снижения эксплуатационных расходов производства.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

### Список литературы / References

- 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>
- Nurmi P.A. Green Mining – A Holistic Concept for Sustainable and Acceptable Mineral Production. *Annals of Geophysics*. 2017;60:1–7. <https://doi.org/10.4401/ag-7420>
- Litvinenko V.S., Dvoynikov M.V., Trushko V.L. Elaboration of a conceptual solution for the development of the Arctic shelf from seasonally flooded coastal areas. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2022;32(1):113–119. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2021.09.010>
- Chen J., Jiskani I.M., Jinliang C., Yan H. Evaluation and future framework of green mine construction in China based on the DPSIR model. *Sustainable Environment Research*. 2020;30:13. <https://doi.org/10.1186/s42834-020-00054-8>
- Drebenstedt C. The responsible mining concept – contributions on the interface between science and practical needs. In: Drebenstedt C., Singhal R. (eds) *Mine Planning and Equipment Selection*. Springer, Cham.; 2014, pp. 3–24. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02678-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02678-7_1)
- Мисников О.С., Тимофеев А.Е. О рациональном использовании энергетических и минеральных ресурсов торфяных месторождений. *Горный журнал*. 2008;(11):59–63. Режим доступа: <https://rudmet.ru/journal/735/article/10187/> (дата обращения: 30.11.2023).  
Misnikov O.S., Timofeev A.E. On rational use of the energy and mineral resources of peat deposits. *Gornyi Zhurnal*. 2008;(11):59–63. (In Russ.) Available at: <https://rudmet.ru/journal/735/article/10187/> (accessed: 30.11.2023).
- Тюремнов С.Н., Ларгин И.Ф., Ефимова С.Ф., Скобеева Е.И. *Торфяные месторождения и их разведка*. М.: Недра; 1977. 264 с. Tyuremnov S.N., Largin I.F., Efimova S.F., Skobeyeva E.I. Peat deposits and their exploration. Moscow, Nedra Publ., 1977, 264 p. (In Russ.).
- Холодняков Г.А., Аргимбаев К.Р. Технология открытой разработки нетрадиционного месторождения полезных ископаемых. *Записки Горного института*. 2016;216:82–88. Режим доступа: <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/5169> (дата обращения: 12.12.2023).  
Kholodnyakov G.A., Argimbaev K.R. Open mining technique for unconventional mineral deposits. *Journal of Mining Institute*. 2016;216:82–88. (In Russ.) Available at: <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/5169> (accessed: 12.12.2023).
- Михайлов А.В., Казаков Ю.А., Гарифуллин Д.Р. Короткова О.Ю., Агагена А. Анализ структуры мобильного комплекса для добычи органогенного сырья карьерным способом. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2022;(6-1):317–330. [https://doi.org/10.25018/0236\\_1493\\_2022\\_61\\_0\\_317](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_61_0_317)  
Mikhailov A.V., Kazakov Yu.A., Garifulin D.R., Korotkova O.Yu., Agaguena A. Analysis of the mobile complex structure for organogenic materials mining by in-pit method. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2022;(6-1):317–330. (In Russ.) [https://doi.org/10.25018/0236\\_1493\\_2022\\_61\\_0\\_317](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_61_0_317)

#### Информация об авторах

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

**Жигульская Александра Ивановна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования, Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Российская Федерация; e-mail: [9051963@gmail.com](mailto:9051963@gmail.com)

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

#### Information about the authors

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

**Alexandra I. Zhigulskaya** – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Technological Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver, Russian Federation; e-mail: [9051963@gmail.com](mailto:9051963@gmail.com)

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

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 07.12.2023

Поступила после рецензирования: 10.01.2024

Принята к публикации: 15.01.2024

#### Article info

Received: 07.12.2023

Revised: 10.01.2024

Accepted: 15.01.2024