

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГОРНЫЕ НАУКИ

УДК 622.3

ОБЗОР МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОРФА В СРАВНЕНИИ С ДРУГИМИ ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ, ДОБЫВАЕМЫМИ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

А.А. АНДРИАНОВА, ст. препод., А.Л. ЯБЛОНЕВ, д-р техн. наук

Тверской государственный технический университет,
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: lp62007@yandex.ru

© Андрианова А.А., Яблонев А.Л., 2025

Указано, что открытый способ добычи полезных ископаемых предполагает большие нарушения поверхности земли, а, следовательно, наличие выработанных карьеров после окончания добычи. Отмечено, что поскольку площади этих карьеров весьма значительны, существует проблема по возвращению их в хозяйственную деятельность, которая решается различными путями, в том числе рекультивацией. Перечислены традиционные направления вовлечения выработанных карьеров в хозяйственный оборот (создание сельскохозяйственных угодий, строительство, лесонасаждения, создание прудов, парков, зон отдыха). Сделан вывод: поскольку выработанные торфяные месторождения обладают ярко выраженной спецификой, ограничивающей их введение в хозяйственную деятельность, для них самым актуальным комплексным использованием является создание прудов с последующим зарыблением.

Ключевые слова: выработанное месторождение, полезное ископаемое, комплексное использование, рекультивация, зарыбление, торфяник, хозяйственная деятельность.

DOI: 10.46573/2658-5030-2025-2-26-40

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших отраслей промышленности РФ является добыча полезных ископаемых (ПИ). Новая эпоха недропользования началась в России во времена Петра I и продолжается до сих пор.

Наиболее важные ПИ можно разделить на три группы:

горючие (нефть, газ, уголь, горючие сланцы, торф);
рудные (железо, алюминий, хром, марганец, титан, вольфрам, медь, цинк, золото, уран);

нерудные (строительные материалы, самоцветы, подземные воды, сырье для химической промышленности, драгоценные камни).

Добыча осуществляется различными способами:

дражным;
гидротехнологическим (скважинным);
подземным, открытым (карьерным) и пр.

Коренные преобразования природных ландшафтов происходят при добыче ПИ открытым способом. Данный вид техногенного воздействия приводит к нарушению вертикальных и горизонтальных связей в ландшафте, в результате возникают разного рода нарушения структуры и функций не только геосистемы, подвергающейся непосредственному преобразованию, но и систем, более или менее отдаленных от нее [1].

Открытый (карьерный) способ – один из самых распространенных в России; он используется, когда недра находятся на небольшой глубине. У этого способа много преимуществ: высокая производительность, возможность работы крупногабаритного оборудования, относительно низкая стоимость разрушения горных пород. Но есть и недостатки, среди которых самый главный – нарушение земной поверхности. Последнее приводит к возникновению ряда экологических проблем: загрязнению воздуха, истощению запасов воды, оползням и т. д.

Главные параметры карьера (разреза) – это совокупность характеристик (например, таких как глубина карьера, ширина карьера по верху, угол откоса бортов карьера, объем вскрыши, производительность карьера, срок службы и т. д.), которые определяют размеры и форму горной выработки, а также основные технологические процессы добычи ПИ открытым способом. Эти параметры играют ключевую роль при проектировании и эксплуатации карьеров.

При планировании разработки относительно однородных пастообразных месторождений ПИ открытым способом, когда земная поверхность представляет собой равнину, задача установления конечной глубины карьера решается аналитическим методом. Для крутых залежей ПИ данная глубина рассчитывается по формуле профессора Б.П. Боголюбова [2]:

$$H_k = \frac{m_{\Gamma} k_{\Gamma} k_{\text{из}}}{\text{ctg} \beta_{\text{в}} + \text{ctg} \beta_{\text{л}}},$$

где m_{Γ} – горизонтальная мощность залежи полезного ископаемого, м; k_{Γ} – граничный коэффициент вскрыши, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $k_{\text{из}}$ – коэффициент извлечения ПИ из недр; $\beta_{\text{в}}$ – угол откоса нерабочего борта карьера со стороны висячего бока залежи полезного ископаемого, градус; $\beta_{\text{л}}$ – угол откоса нерабочего борта карьера со стороны лежащего бока залежи ПИ, град.

Большое количество месторождений разрабатывается в границах населенных пунктов, что целесообразно с точки зрения производства продукции и поставки строительных материалов. Но возникает много вопросов о правовом статусе отработанных карьеров и их дальнейшем использовании [3]. Решение их зависит от стадии, на которой в данный момент находится карьер, – его жизненного цикла, т. е. совокупной последовательности этапов развития, которые проходит карьер за период своего существования, и которые могут быть изображены в виде схемы (рис. 1).

Для уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду существует комплекс восстановительных преобразований карьера, систематизация и обобщение которых являются целями данной статьи.

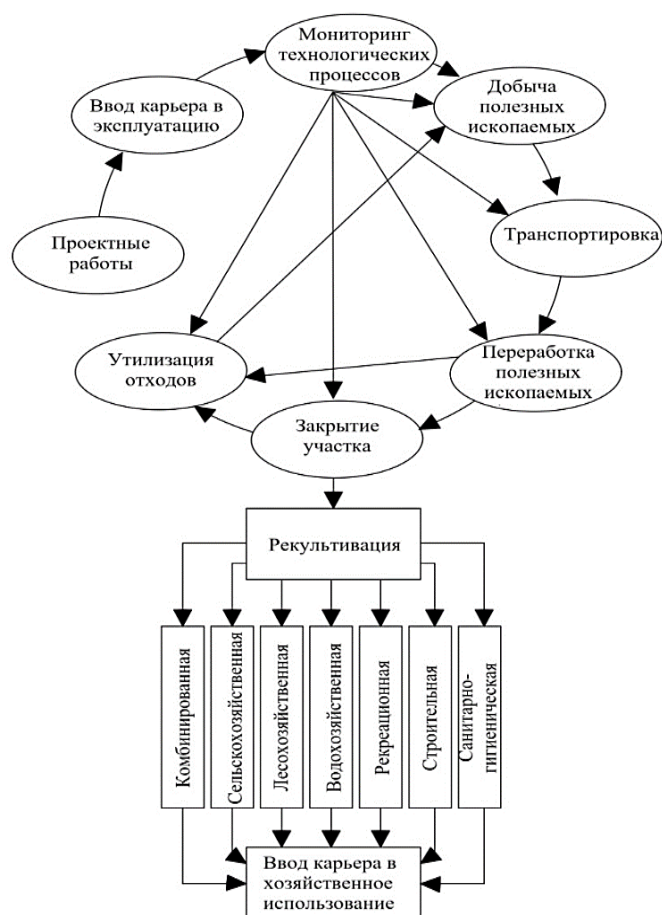


Рис. 1. Жизненный цикл карьера

СПОСОБЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Все меры и технологические решения, предпринимаемые для минимизации ущерба от главного недостатка открытого способа (разрушения земли), можно сгруппировать по следующим направлениям: уменьшение землеемкости открытых горных работ; восстановление нарушенных земель; создание новых пространственных форм с высокой хозяйственной, эстетической и рекреационной ценностью [4]. Многие горные предприятия еще на стадии разработки карьера включают в проект методы использования карьера после выработки ПИ.

Количество добытых ПИ в РФ в 2023 г., по данным Росстата, показано на рис. 2. Как можно видеть, огромен и объем выработки.

Способов и средств по освоению выработанных площадей недр различных ПИ множество. Один из таких способов – рекультивация. Она представляет собой действия по предотвращению деградации земель и (или) восстановление их плодородия путем приведения земель в состояние, пригодное для их применения в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почв, восстановления плодородного слоя почвы, создания защитных лесных насаждений [5]. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков, как правило, происходит в рамках ключевых направлений реабилитации отработанных земель: сельскохозяйственного, лесохозяйственного, рыбохозяйственного, строительного.

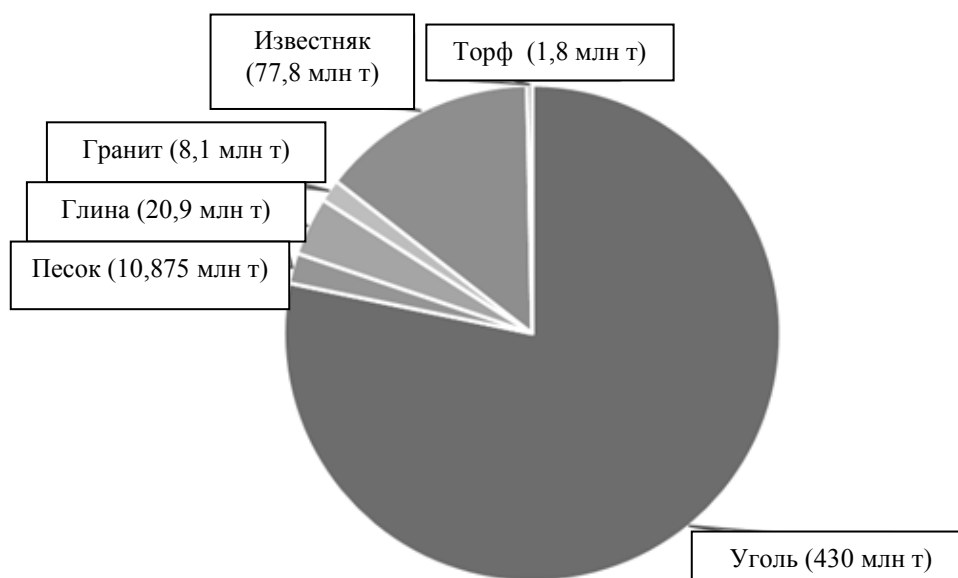


Рис. 2. Уровень добычи ПИ в России в 2023 г.

Существует два основных метода планирования рекультивационных работ: проектирование рекультивации, которое проводится еще до начала добычи ПИ или, по крайней мере, задолго до ее завершения. Этот процесс дает больше возможностей для создания интересных ландшафтов на участках горных работ и минимизации воздействия горных работ на окружающую среду;

составление программы рекультивации после завершения горных работ. Данный подход является самым сложным, дорогостоящим и наименее продуктивным.

Рассмотрим конкретные примеры освоения выработанных площадей различных месторождений горных пород при комплексном их применении.

После завершения добычи песка в карьерах (рис. 3) возникает необходимость рекультивации и дальнейшего использования этих территорий.



Рис. 3. Песчаный карьер [6]

Песчаные карьеры представляют собой значительные площади, требующие особого внимания и подходов к их освоению. Введение выработанных песчаных карьеров в хозяйственную деятельность может включать:

1. Рекультивацию экосистем (основное направление использования выработанных песчаных карьеров). Ее цель состоит в восстановлении природных экосистем и создании условий для устойчивого функционирования биосферы. Эти работы подразумевают удаление мусора (убираются остатки песка, строительных материалов и других отходов, оставшихся после добычи); планирование рельефа (территория выравнивается и формируется таким образом, чтобы соответствовать природному ландшафту); нанесение плодородного слоя почвы (поверхность карьера засыпается слоем указанной почвы, что позволяет растениям прижиться и развиваться); посадку растительности (высаживаются деревья, кустарники и трава, подходящие для данного региона).

2. Создание водоемов. Песчаные карьеры часто становятся идеальными местами для создания искусственных озер. Это возможно, если карьер находится в зоне, характеризующейся наличием естественных подземных вод или если его можно наполнить водой из внешних источников. Водоемы могут использоваться для рекреационных целей (купания, рыбалки, катания на лодках); водоснабжения (озеро может служить источником питьевой воды или применяться для ирригации сельскохозяйственных земель); формирования природных резерватов (водоем может стать местом обитания для птиц и других животных).

3. Строительство и создание инфраструктуры. На месте отработанных песчаных карьеров можно строить различные объекты: жилые комплексы (карьеры могут быть использованы для застройки жильем, особенно если они расположены вблизи городов); промышленные зоны (на территории бывшего карьера можно разместить предприятия, склады, логистические центры); дороги и мосты (карьеры могут стать частью транспортной системы (например, задействоваться для прокладки автомобильных дорог или железнодорожных путей)).

4. Туризм и отдых. Рекультивированные песчаные карьеры могут стать популярными местами туризма и отдыха. Возможные варианты использования – парки и зоны отдыха (подразумевающие в том числе наличие прогулочных дорожек, спортивных площадок); кемпинги и базы отдыха (требуется организация мест для временного проживания туристов); историко-культурные маршруты (если карьер имеет историческую ценность, можно проводить по нему экскурсии, содержать музеи (например, посвященные истории добычи песка)).

5. Сельское хозяйство. После рекультивации карьеров их можно использовать для сельскохозяйственных нужд: земледелия (посева зерновых культур, овощей, фруктов); животноводства (разведения скота, птицы, пчел); лесоводства (т. е. посадки лесов и лесопарков).

6. Энергоэффективные решения. На территории бывших песчаных карьеров можно реализовать проекты, связанные с возобновляемыми источниками энергии, а именно строить солнечные электростанции (установка солнечных панелей осуществляется на ровных площадках карьера); ветряные электростанции (монтаж ветрогенераторов проводится, если местность дает возможность эффективно использовать ветер); геотермальные установки (в них тепло земных недр применяется для генерации электричества или обогрева зданий).

Способы освоения площадей после добычи глины (рис. 4) схожи со способами освоения песчаных карьеров.



Рис. 4. Глиняный карьер [7]

Освоение отработанных глиняных карьеров – сложный процесс, требующий учета многих факторов, таких как тип местности, характер добычи и будущие планы использования земли. Основные способы освоения таких площадей:

1. Рекультивация земель, которая включает подготовку поверхности (удаление остатков горных пород, выравнивание рельефа, создание дренажных систем); почвенное покрытие (нанесение слоя плодородной почвы или почвенных смесей); биологическое освоение (посадку деревьев, кустарников, трав и других растений, подходящих для данной местности).

2. Гидротехнические (если на территории остались карьеры или котлованы, их можно заполнить водой и превратить в искусственные озера или водохранилища. Это позволяет создать новые водные объекты, которые могут применяться с целью орошения, рыболовства, рекреации или водоснабжения).

3. Создание зеленых зон (на территориях, непригодных для сельскохозяйственного использования, можно формировать такие зоны: парки, скверы, лесопарки. Это улучшает экологическую обстановку; к тому же появляется место, где население может проводить свой досуг).

4. Сельскохозяйственное освоение (если почва восстановлена и соответствует агроэкологическим требованиям, можно начать сельскохозяйственное использование территории, а именно выращивание зерновых культур, овощеводство, садоводство, животноводство и т. д.).

5. Строительное освоение (на участках, где почва недостаточно плодородна для сельского хозяйства, но пригодна для строительства, можно организовать застройку (например, возвести жилые дома; организовать промышленную зону, логистический центр; т. п.)).

6. Туристическое освоение (территории, имеющие интересные природные или исторические объекты, используют для прокладывания туристических маршрутов, для организации кемпингов, баз отдыха и других объектов туристической инфраструктуры).

7. Применение в качестве инфраструктурных проектов (на площадях после добычи строят дороги, мосты, линии электропередач, трубопроводы и другие инженерные сооружения. Это позволяет улучшить транспортную доступность и энергетическую систему региона).

8. Экологический мониторинг и управление (важно проводить постоянный мониторинг состояния окружающей среды на рекультивированных территориях. Он включает в себя наблюдение за качеством воздуха, воды, почвы, а также за состоянием растительности и животного мира).

Освоение площадей после добычи глины требует комплексного подхода, состоящего из технических, экологических и социальных аспектов. Выбор конкретного метода зависит от различных факторов, и успешная рекультивация возможна только при соблюдении всех необходимых норм и стандартов.

Способов введения в хозяйственный оборот выработанных рудных карьеров (рис. 5) множество: рекультивация отходами; биологическая рекультивация (например, для создания лесонасаждений); покрытие плодородным слоем почвы; использование для разбивки парка, прокладывания горнолыжных трасс и др.; создание водоемов.

Выработка рудных карьеров также связана с процессом добычи ПИ открытым способом (рис. 5). Существуют различные методы и способы ведения работ в карьерах, которые обуславливаются характеристиками месторождения, глубиной залегания руды, техническими возможностями и экономической целесообразностью.



Рис. 5. Рудный карьер [8]

Использование угольных карьеров после выработки (рис. 6) предполагает следующие восстановительные мероприятия: рекультивацию; применение тепловой энергии отвалов; возвращение пустой породы на место изъятия; создание плацдарма для развития технических средств местной солнечной и ветроэнергетики [9].

Способы использования выработанных известняковых карьеров (рис. 7) также схожи с методами применения песчаных и глиняных выработанных карьеров. В данном случае одно из основных направлений – заполнение водой.

Рекультивация также выступает главным вариантом использования отработанных гранитных карьеров (рис. 8).



Рис. 6. Угольный карьер [10]



Рис. 7. Известняковый карьер [11]



Рис. 8. Гранитный карьер [12]

На рис. 9 приведена сравнительная оценка выработанных площадей недр полезных ископаемых в РФ [13–20].

Поскольку торф располагается ближе к поверхности месторождения, он повсеместно добывается открытым способом, а мощность пласта, как правило, не превышает 2...2,5 м. Уровень его добычи напрямую зависит от введенных в эксплуатацию производственных площадей. Как видно из рис. 9, территории выработанных торфяных месторождений занимают весьма значительную и даже, можно сказать большую часть территории, поэтому проблема комплексного освоения выработанных торфяных месторождений является актуальной и может быть рассмотрена отдельно.

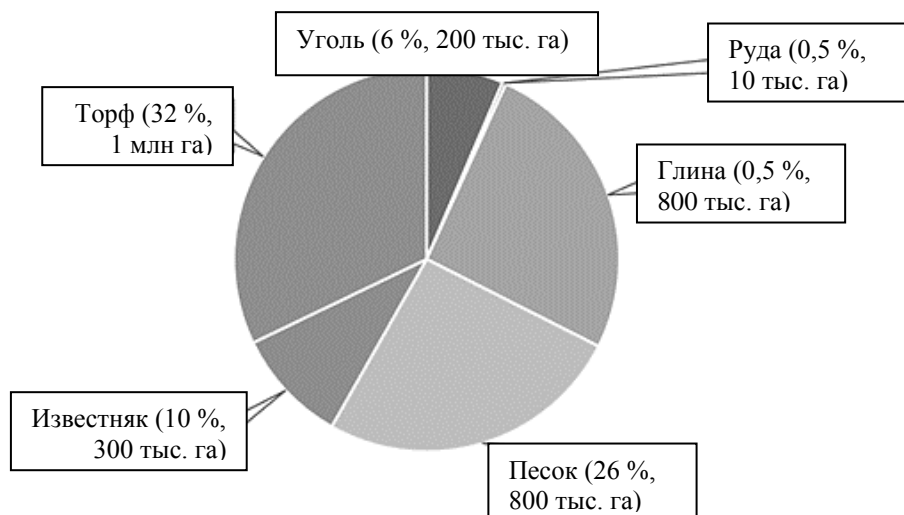


Рис. 9. Сравнительная оценка выработанных площадей недр ПИ в России

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Освоение выработанных торфяных площадей – это процесс восстановления и использования земель, на которых ранее добывался торф. В результате добычи образуются карьеры, болота и другие нарушенные территории, которые могут представлять экологическую угрозу и быть непригодными для сельскохозяйственного или иного применения (рис. 10).



Рис. 10. Торфяной карьер [21]

На сегодняшний день рекультивация торфяных карьеров включает в себя затопление без дальнейшего рационального использования. Львиная доля затопленных площадей относится к периоду до 1991 года, когда добыча торфа в России доходила до 175 млн т в год. Поскольку торф сейчас редко применяется в строительстве и как сырье для легкой, химической и медицинской промышленности, его экономическое значение не столь велико, как у таких ресурсов, как нефть, газ или уголь. Однако торф играет важную роль в сельском хозяйстве и энергетике России [22, 23]. Отметим, что изъятие торфа из недр земли порождает значительные экологические последствия. Осушение болот приводит к уменьшению биоразнообразия, изменению гидрологического режима местности и выбросам в атмосферу парниковых газов. В этом смысле воздействие добычи торфа на окружающую среду может быть более весомым, чем добыча некоторых других ПИ.

Торф – возобновляемый ресурс; правда, процесс восстановления занимает сотни лет. В среднем прирост торфа на месторождениях в России оценивается в 250 млн т [24]. Это отличает его от большинства других ПИ, которые являются невозобновляемыми. Осушенные и заброшенные торфяные болота представляют опасность для окружающей среды из-за возникновения торфяных пожаров, причиной которых выступает обычно несоблюдение правил пожарной безопасности. Благоприятным условием для хозяйственного использования выработанных площадей является их размещение в районах с развитой промышленностью и сельским хозяйством. Этим же обстоятельством обусловлена и первоочередная необходимость возвращения выработанных площадей в хозяйственный оборот. Любую рекультивацию выработанных торфяных площадей рекомендуется производить в течение года после окончания работ по добыче торфа.

Существует три принципиальных и традиционных направления применения выработанных торфяных месторождений после рекультивации: создание сельскохозяйственных угодий (при этом толщина защитного, невыработанного слоя торфа составляет не менее 0,5 м); лесоразведение (толщина защитного слоя не менее 0,3 м); создание водоемов и рыбных прудов (толщина защитного слоя не менее 0,15 м) [24–26].

Торфяное месторождение, содержащее экологически полезные ресурсы, представляет интерес для сельского хозяйства, что мы отмечали выше. Для использования выработанных торфяников как сельскохозяйственные угодья необходимо провести рекультивацию первых. Она включает окультуривание почв (добавление грунта – песка или глины); устройство нового дренажа (создание благоприятного водного режима на выработанных площадях) [27]; первичную обработку почвы (сохранение влаги, очищение почвы, регулирование водного баланса); выбор культур для посева (овса, корнеплодов, картофеля, озимой ржи, горохо-овсяной смеси, люпина; при выборе культур следует учитывать, что озимые выращивают только на участках, не затопляемых в половодье); внесение удобрений [28].

Одним из способов рационального применения торфяных месторождений является комплексное использование, т. е. чередование заготовки торфа с возделыванием сельскохозяйственных культур. Такого рода чередование можно осуществлять на всех типах торфяных месторождений: низинном, переходном, смешанном и верховом. При организации указанного использования учитываются особенности осушения и размеры торфяника, природные качества торфа, потребность сельскохозяйственного производства в торфяном сырье и в разных сельскохозяйственных культурах, выращиваемых на данном торфянике. При этом принимаются во внимание специфика организации и планирование во времени и пространстве очередности применения территории торфяного массива. Подбор сельскохозяйственных культур для возделывания на торфяниках при их комплексном использовании производят с учетом

природных свойств торфа, микроклимата и нужды хозяйства в той или иной продукции.

Затопленные карьеры можно использовать для регулирования поверхностного стока, в качестве источников орошения, рыбоводных предприятий, зон отдыха, звероводческих хозяйств и охотничьих угодий [28]. Разведение рыбы в торфяных прудах требует тщательной подготовки и регулярного ухода. Правильный выбор вида рыбы, корректировка химического состава воды и обеспечение достаточного количества кислорода могут обеспечить благоприятные условия для роста и размножения рыбы.

После проведения рекультивации резко улучшается водно-воздушный режим торфяной почвы, благодаря чему усиливается жизнедеятельность микроорганизмов, энергично разлагающих органическое вещество до легкорастворимых, доступных для растений питательных веществ. Минерализация органического вещества торфа обуславливает повышение зольности, удельного веса, заметное уплотнение торфа, уменьшение пористости и влагоемкости. Кальций, освободившийся в результате минерализации органического вещества, снижает гидрологическую кислотность торфа. Эти свойства заметно улучшаются при постоянном возделывании сельскохозяйственных культур.

Комплексное использование торфяных болот требует применения сбалансированного подхода, в рамках которого учитываются интересы экономики, экологии и социальной сферы. Важно находить компромисс между различными видами деятельности, чтобы сохранить уникальные природные ресурсы и обеспечить устойчивое развитие регионов [29].

На выработанных торфяных карьерах возможно строительство (но только на фрезерных полях) малоэтажных населенных пунктов, дачных кооперативов, мини-заводов по производству торфяной продукции и т. п. [30]. В Тверской области есть несколько примеров таких построек: пгт Васильевский Мох (рабочий поселок образовался на территории торфоразработок «Васильевский Мох»); пгт Орша (возник с началом торфоразработок) и пр.

Эффективности рекультивации отработанных торфяников Басьяновского месторождения с целью последующего лесонасаждения посвящена работа [31]. Проведенные мероприятия по технической и биологической рекультивации отработанных торфяников оказались в целом результативными. Успешность рекультивации определялась водным режимом осушенных территорий, который зависит от расстояния между осушительными каналами и их состояния.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЗОРА, ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Открытый (карьерный) способ является самым распространенным в России. Выработанные месторождения всех горных пород подлежат дальнейшему использованию путем вовлечения в хозяйственную деятельность. Именно в этом заключается комплексность применения месторождений. Рекультивация – один из самых распространенных методов освоения выработанных площадей недр различных ПИ. Торфяные месторождения характеризуются колоссальными размерами площадей выработанных карьеров, из-за чего остро встает вопрос их дальнейшего эффективного использования. Однако выработанные месторождения торфа отличаются от всех остальных карьеров пород ярко выраженной спецификой, которая приводит к возникновению значительных трудностей с применением их в качестве сельскохозяйственных земель, площадей под строительство и разведение лесов.

Торфяники, болота и заболоченные земли редко используются в сельском хозяйстве по нескольким причинам:

1. Из-за физических свойств торфа. Он обладает высокой влагоемкостью и низкой теплопроводностью. Это означает, что данное сырье медленно прогревается

весной и плохо отводит лишнюю влагу. Такие условия затрудняют выращивание многих сельскохозяйственных культур.

2. Высокой кислотности почвы (низкого pH), которая неблагоприятна для выращивания большинства растений. Уменьшение кислотности дает известкование, но данная процедура увеличивает затраты на обработку почвы.

Использование торфяников в строительстве также накладывает некоторые ограничения и порождает определенные сложности, которые делают этот процесс нецелесообразным. К таким сложностям относятся:

1. Низкая несущая способность. Торфяная почва очень мягкая и рыхлая, поэтому не способна выдерживать большие нагрузки без предварительной подготовки. Возведение зданий и сооружений на таких грунтах требует дополнительных мер укрепления основания (например, устройства свайного фундамента), что значительно повышает стоимость проекта.

2. Глубокое залегание твердых пород. Часто под слоем торфа находятся более твердые породы, но они могут залегать на большой глубине. Чтобы добраться до этих пород и обеспечить устойчивость конструкции, приходится выполнять сложные инженерные работы, такие как бурение глубоких скважин, установка длинных свай или полная выемка балластной породы с низкой несущей способностью.

3. Подвижность и консолидация грунта. Торфяные почвы склонны к просадкам и деформациям, особенно после осушения. Это может привести к неравномерному оседанию здания, появлению трещин в фундаменте и стенах, а также другим серьезным повреждениям конструкции. После проведения строительных работ на торфяниках требуется время для стабилизации (консолидации) грунта. Этот период может быть достаточно продолжительным, что задерживает ввод объекта в эксплуатацию.

4. Высокий уровень грунтовых вод. В торфяных почвах обычно высокий уровень грунтовых вод, что создает дополнительные трудности при строительстве. Необходимо предусмотреть эффективные системы дренажа и гидроизоляции, чтобы предотвратить затопление подвальных помещений и разрушение фундамента.

5. Затраты на подготовку территории. Подготовка стройплощадки на торфянике включает в себя осушение, укрепление грунта, устройство фундаментов и т. д. Все это требует значительных финансовых вложений и времени.

Выращивание леса на торфяниках также сопряжено с рядом сложностей и ограничений, поэтому указанные территории редко используются для лесоводства. К таким ограничениям причисляют:

1. Особый состав почвы. Торфяники характеризуются высоким содержанием органического вещества и низким – минеральных элементов, необходимых для роста деревьев. Это ограничивает выбор видов деревьев, которые можно успешно выращивать на таких почвах.

2. Высокий уровень влажности. Постоянное наличие избыточной влаги в почве препятствует нормальному развитию корневой системы деревьев, а именно корни могут гнить, что ведет к ослаблению и гибели растений.

3. Медленный рост культурной растительности и хвойных деревьев. Из-за специфических условий торфяников деревья растут медленнее, чем на других типах почв. Это увеличивает срок окупаемости лесных посадок и снижает экономическую выгоду от их создания.

4. Проблемы с доступом кислорода. В условиях высокого уровня грунтовых вод корни деревьев испытывают недостаток кислорода, что негативно сказывается на их развитии и устойчивости к болезням и вредителям.

5. Сложности с механизацией. Работы по посадке и уходу за лесными культурами на торфяниках затруднены из-за мягкости и подвижности почвы. Использование

тяжелой техники может повредить молодые растения и ухудшить состояние почвы.

Таким образом, наиболее перспективными методами вовлечения выработанных торфяных месторождений в хозяйственную деятельность являются обводнение и зарыбление, представляющие собой природоохранный подход, применение которого помогает возродить природные экосистемы и улучшить экологическое состояние территорий. Причины для данного вывода следующие:

1. Восстанавливаются природные экосистемы. Обводнение торфяников позволяет вернуть им статус естественных болот и озер, что способствует возрождению уникальных экосистем, характерных для конкретных мест. Болота – важная среда обитания для многих видов животных и растений, включая редкие и исчезающие.

2. Улучшается водный баланс. Болотные экосистемы играют ключевую роль в регулировании водного баланса региона: они накапливают и удерживают воду и тем самым предотвращают наводнения во время паводков, обеспечивают стабильное поступление воды в реки и озера в засушливый период.

3. Снижаются риски пожаров. Зарыбленные водоемы на месте бывших торфяников уменьшают вероятность возникновения крупных пожаров, поскольку вода служит естественным барьером для распространения огня. Это особенно важно в районах с повышенной пожароопасностью.

4. Расширяется биоразнообразие. Создание водных объектов на торфяниках привлекает множество видов рыб, птиц и других животных, что способствует увеличению биоразнообразия в регионе. Это также может стимулировать развитие экотуризма и рыболовства.

5. Поглощается углерод. Естественные болота действуют как «углеродные хранилища», забирая и храня большое количество углекислого газа из атмосферы. Таким образом, восстановление болотных экосистем помогает бороться с изменением климата.

6. Проявляется экономическая выгода. Развитие рыболовства и экотуризма на восстановленных торфяниках может приносить доход местным сообществам, так как появляются новые рабочие места и улучшается качество жизни населения.

7. Минимизируется ущерб природе. Обводнение и зарыбление, в отличие от использования торфяников для сельского хозяйства или строительства, минимизируют негативное воздействие на окружающую среду, так как способствуют сохранению природных ресурсов и устойчивому развитию региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альберг Н.И., Иметхенов А.Б., Шаралдаева В.Д., Оленников И.В. Оценка восстановительных способностей, трансформированных горнодобывающим производством геосистем // *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления*. 2009. № 2. С. 61–64.

2. Челпанова Е.В., Лукьянец Е.В. Открытые горные работы: учебно-методическое пособие. Пермь: ПНИПУ, 2020. 73 с.

3. Шайхулина М.В. Жизненные циклы карьеров и их правовой статус // *Молодой ученый*. 2019. № 3 (241). С. 62–64.

4. Ильин С.А., Пастихин Д.В. Состояние и перспективы развития открытого способа разработки месторождений полезных ископаемых // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2013. № S1. С. 364–383.

5. Осинцева М.А., Бурова Н.В., Жидкова Е.А. Особенности рекультивации отработанных территорий угольных разрезов в Кузбассе // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022. № 9 (123). С. 1–11.

6. Электронный ресурс. URL: <https://avatars.mds.yandex.net/get-altay/5496626/2a0000017db23acea1ac40aa9d72e7431b47/XXL> (дата обращения: 08.11.2024).

7. Электронный ресурс. URL: https://konkurs.trip2rus.ru/sites/default/files/field/images/foto/dsc08423_edited.jpg (дата обращения: 08.11.2024).
8. Электронный ресурс. URL: <https://assets.bwbx.io/images/users/iqjWHBFdfxIU/i2dxVMtzRsQg/v1/1200x800.jpg> (дата обращения: 08.11.2024).
9. Полинов А.А. Обоснование конструкции и параметров откосов отвалов и борта карьера для эффективного использования солнечной и ветровой энергии: дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск. 2024. 159 с.
10. Электронный ресурс. URL: https://avatars.dzeninfra.ru/get-zen_doc/1132604/pub_5d634560a98a2a00aef8b427_5d634a8e95aa9f00ad3db1da/scale_1200 (дата обращения: 08.11.2024)
11. Электронный ресурс. URL: https://s0.rbk.ru/v6_top_pics/media/img/4/22/755731329034224.jpg (дата обращения: 17.03.2025)
12. Электронный ресурс. URL: <https://kamengrad.by/wp-content/uploads/2019/12/dobycha-granita-02.jpg> (дата обращения: 18.03.2025).
13. Агенство регионального развития. Приглашаем в свободную нишу «Месторождение глины. Котласский район». URL: <https://smgrf.ru/wp-content/uploads/2023/06/Mestorozhdenie-gliny-Kotlaskij-rajon.pdf> (дата обращения: 18.01.2025).
14. Министерство энергетики РФ: официальный сайт. URL: <https://minenergo.gov.ru/industries/coal/about> (дата обращения: 17.03.2025).
15. Полезные ископаемые России. URL: <https://сезоны-года.рф/полезные%20ископаемые%20России.html> (дата обращения: 17.03.2025).
16. Дорошенко В.В., Синельникова К.П., Воронина В.П. Динамика площадей открытых песков на тестовом полигоне на северо-востоке Ставропольского края в 2022–2023 гг. // *Вопросы степеведения*. 2024. № 2. С. 26–32.
17. Геологоразведка 2023: более 190 новых месторождений, или как ресурсы превращаются в запасы. URL: https://www.mnr.gov.ru/press/news/geologorazvedka_2023_bole_190_novykh_mestorozhdeniy_ili_kak_resursy_prevrashchayutsya_v_zapasy/ (дата обращения: 18.01.2025).
18. Обзор рынка известняка в России. Демонстрационная версия. Москва, февраль, 2010. URL: https://www.infomine.ru/files/catalog/332/file_332.pdf (дата обращения: 18.01.2025).
19. The Global Peatland Database. URL: <https://greifswaldmoor.de/global-peatland-database-en.html> (дата обращения: 18.01.2025).
20. Сирий А.А., Медведева М.А., Иткин В.Ю. Вторичное обводнение неиспользуемых осушенных торфяников и сокращение выбросов парниковых эффектов // *Известия РАН. Серия географическая*. 2023. Т. 87. № 4. С. 597–618.
21. Электронный ресурс. URL: https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fthumb%2F%2Ffe%2FBreesen2.jpg%2F440px-Breesen2.jpg&lr=141416&pos=20&rpt=simage&text=торфяной%20карьер (дата обращения: 18.03.2025).
22. Яблонев А.Л. О роли торфа в топливно-энергетическом комплексе города Твери // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2009. № 11. С. 70–73.
23. Яблонев А.Л., Пухова О.В. Современные направления использования торфа // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2010. Вып. 17. С. 104–107.
24. Яблонев А.Л. Проектирование торфодобывающих предприятий: учебное пособие. Тверь: ТвГТУ, 2016. 164 с.
25. Справочник по торфу / под ред. А.В. Лазарева и С.С. Корчунова. М.: Недра, 1981. 760 с.

26. Практическое руководство по организации добычи фрезерного торфа: учебное пособие / В.И. Смирнов, А.Н. Васильев, А.Е. Афанасьев, А.Н. Болтушкин; под ред. В.И. Смирнова. Тверь: ТГТУ, 2007. 392 с.

27. Филипенко В.С., Веренич А.Ф., Зайцев А.А., Сазончук С.Н. Основные направления и принципы сельскохозяйственного использования торфяных почв // *Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук*. 2009. № 2. С. 32–37.

28. Васильченко А.В. Рекультивация нарушенных земель: учебное пособие: в 2 ч. Оренбург: ОГУ, 2017. Ч. 2. 158 с.

29. Тарасова А.А., Емельянова И.М. Комплексное использование торфяных болот в Нечерноземной зоне. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Колос, 1971. 152 с.

30. Панов В.В., Цымлякова С.С. Анализ горнотехнических условий выработанного торфяного месторождения Васильевский Мох и перспективы его использования // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2013. № 1. С. 79–84.

31. Морозов А.Е. Эффективность лесной рекультивации земель, нарушенных при добыче торфа (на примере Басьяновского месторождения) // *Леса России и хозяйство в них*. 2021. № 1 (76). С. 13–22.

Для цитирования: Андрианова А.А., Яблонев А.Л. Обзор методов комплексного использования выработанных месторождений торфа в сравнении с другими горными породами, добываемыми открытым способом // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2025. № 2 (26). С. 26–40.

REVIEW OF METHODS OF INTEGRATED USE OF MINED PEAT DEPOSITS IN COMPARISON WITH OTHER ROCKS EXTRACTED BY OPEN MINING

A.A. ANDRIANOVA, Senior Lecturer, A.L. YABLONEV, Dr. Sc.

Tver State Technical University,
22, Af. Nikitin emb., Tver, 170026, e-mail: lp62007@yandex.ru

It is indicated that the open-pit mining method involves large violations of the earth's surface, and, consequently, the presence of depleted quarries after the end of mining. It is noted that since the areas of these quarries are very significant, there is a problem of their return to economic activity, which is solved in various ways, including reclamation. The traditional directions of involving developed quarries in economic turnover (creation of agricultural land, construction, afforestation, creation of ponds, parks, recreation areas) are listed. The conclusion is made: since the developed peat deposits have pronounced specifics that limit their introduction into economic activity, the most relevant integrated use for them is the creation of ponds with subsequent stocking.

Keywords: worked-out deposit, mineral resource, complex use, reclamation, stocking with fish, peat bog, economic activity.

Поступила в редакцию/received: 24.01.2025; после рецензирования/revised: 14.02.2025;
принята/accepted: 21.02.2025