

3. Яковлев В.Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 240 с.
4. Журавлев А.Г. Экспериментальные исследования работы карьерных автосамосвалов в условиях эксплуатации / А.Г. Журавлев, М.В. Исаков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – №3-2.
5. Лукичѳв С.В. Сравнение методов формирования экономической модели месторождения при определении границ карьера / С. В. Лукичѳв, А. Л. Билин, Д. А. Торопов // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2016. – №1-1. Том 19. – С. 5-12.
6. Семенкин А.В. Исследование экономического показателя затрат при циклично-поточной технологии на рудных карьерах / А.В. Семенкин, В.А. Антонов // Известия Вузов. Горный журнал. – 2019. – №1. – С. 103-111.
7. Бахтурин Ю.А. Планирование сменной производительности карьерного железнодорожного транспорта на основе имитационного моделирования // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». – 2018. – № 2 (1418). – С. 77-85.
8. Журавлев А.Г. Возможности автоматизированной оптимизации работы транспортных систем карьеров на основе мультиагентного подхода / А.Г. Журавлев, П.А. Ченцов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. - №11 (СЦ 37). – С.141-150. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-37-141-150
9. Чендырев М.А. Комплексная модель для обоснования параметров автомобильного карьерного подъѳмника // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. - №11 (СЦ 37). – С.282-289.
10. Черепанов В.А. Концепция создания комплексной модели для оптимизации параметров открыто-подземной технологии доработки прибортовых и подкарьерных запасов / В.А. Черепанов, И.А. Глебов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. - №11 (СЦ 37). – С.290-299.

УДК 622:504.61

## ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПОДМОСКОВНОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

ПРОХОРОВ Д. О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

**Аннотация.** Рассмотрена последовательность получения основной составляющей материалов инвентаризации техногенных образований на примере создание цифровой модели террикона угольной шахты.

**Ключевые слова:** цифровая модель, техногенное образование, отвал, террикон

### INVENTORY OF TECHNOGENIC FORMATION MOSCOW COAL BASIN

PROKHOROV D. O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tula State University

**Annotation.** The sequence of obtaining the main component of the inventory materials of technogenic formations is considered on the example of creating a digital model of a coal mine heaps.

**Keywords:** digital model, technogenic formation, dump, heap.

Промышленная добыча угля в Тульской области велась с 1855 года. Масштабная добыча бурого угля началась в 1920-х годах в рамках реализации идеи использования местных топливных ресурсов и необходимости во время Гражданской войны обеспечить топливом Центральный регион. В 1941 году из-за активных военных действий на

территории Тульской области многие шахты были взорваны и затоплены. Однако, вследствие оккупации Донбасса, необходимость в подмосковном угле исключительно возросла, и после освобождения территории области немедленно возобновились работы в угольной промышленности. После войны добыча угля в Подмосковном бассейне на 90% сосредоточилась в Тульской области. На 1 января 1959 г. шахтный фонд бассейна состоял из 155 шахт и одного угольного разреза, суммарной производственной мощностью 45068 тыс.т. С 1960-х годов, из-за появления более дешевых видов топлива, произошло постепенное снижение добычи. Из-за низкого качества угля и относительно высокой стоимости его добычи в 1980—1990-х годах практически все добывающие предприятия были закрыты. В 2009 году закрыта последняя шахта - «Подмосковная». За время эксплуатации месторождений добыто свыше 1,2 млрд тонн угля.

На сегодняшний день в Тульской области под породными отвалами угольных шахт Подмосковного бассейна занято более 500 га плодородных земель (таблица 1).

Таблица 1. Укрупненная площадь земель, занимаемая под породными отвалами угольных шахт в Тульской области

№	Район Тульской области	Трест	Количество шахт	Укрупненная площадь земель, занимаемая под терриконами, га
1	Щекинский	«Щекиноуголь»	20	70
2	Киреевский	«Красноармейск-уголь»	26	126
3	Узловский	«Узовскуголь»	14	72
4	Донской (городской округ)	«Донскойуголь»	16	46
5	Новомосковский	«Новомосковск-уголь»	14	64
6	Кимовский	«Красногвардейск-уголь»	13	62
7	Богородицкий	«Богородицкуголь»	22	81
8	Суворовский	«Черепетьуголь»	4	19

Кроме отчуждения огромных площадей земельных угодий техногенные образования угольных шахт являются экологически опасными объектами, т.к. под влиянием ветровой и водной эрозии негативно воздействуют на окружающую среду, прежде всего на почву, воздушный и водный бассейны. Изменение и преобразование природных ландшафтов - это еще одна проблема, возникающая из-за складирования пустых пород угольных шахт на дневной поверхности.

Помимо экологии, проблемы техногенные образования угольных шахт занимают особое место в таких сферах как: землеустройство и кадастр (определение границ терриконов и нарушенных вокруг них земель, контроль изменений этих границ), горная промышленность (в качестве потенциальных техногенных месторождений, использование пород техногенных образований в качестве закладочного материала для выработанного пространства карьеров при их рекультивации).

Особая важность вопрос учета и мониторинга состояния техногенных образований связана с тем, что угольные шахты закрыты, а рекультивационные или консервационные мероприятия на отвалах не проведены. Рано или поздно в каждом конкретном случае будет необходимо определять методы борьбы с негативным влиянием терриконов на окружающую среду (полная разборка, рекультивация или консервация террико-

на) или выбирать технологию разборки террикона, направления рекультивации или способ консервации.

В настоящее время учет породных отвалов угольных шахт ведется без определенной системы, разными ведомствами данные о терриконах хранятся и предоставляются неодинаково. Инвентаризация техногенных образований Тульской области позволит не только систематизировать данные о терриконах, но и будет содержать в себе широкий спектр их характеристик, позволяющих определять технические условия для проектов разработки техногенных месторождений, рекультивации (разборки, консервации), землеустроительных проектов.

Инвентаризацию породных отвалов Подмосковского угольного бассейна необходимо производить опираясь на данные ЕГРН, реестра объектов размещения отходов и все возможных публичных источников, таких как - публичная кадастровая карта, картографические веб-сервисы и т.п.

Одними из самых важных характеристик породных отвалов являются геометрические, но на границах и площадях останавливаться в современных условиях нельзя, необходимо создавать цифровые модели терриконов и включать их в материалы инвентаризации.

Решение таких задач традиционными геодезическими методами потребует значительных финансовых затрат и займет длительное время.

Создание цифровой модели породного отвала можно разделить на несколько стадий [1].

**Подготовительные работы** состоят из рекогносцировки на местности, определении маршрутов облетов, выявлении характерных точек для последующей привязки объекта в местной системе координат. Важнейшей составляющей в работе с беспилотным летательным аппаратом для создания цифровой модели местности является выбор времени для полета. Основные условия: отсутствие сильного ветра; отсутствие дождя, а также важно выбрать время с достаточным для такой съемки освещением. Съемку лучше всего производить в пасмурный день около полудня, т.к. в это время самые короткие тени. Лучшие сезоны для съемки - осень (от опадания листвы с деревьев до выпадения снега) и начало весны (после того, как снег стаял и до появления листьев).

#### **Съемка.**

Для создания 3D модели породного отвала, который представляет собой земляное сооружение с достаточно крутыми боковыми поверхностями, необходимо разбить съемку на несколько этапов:

1. Облет террикона с захватом изображений, снятых непосредственно сверху вниз. Для создания плана полета в данном случае использовалось бесплатное приложение DroneDeploy, в котором описывается область, по которой желаем произвести облет на карте базового слоя. Дрон после команды автоматически взлетает, пролетает по автоматизированной траектории полета, захватывая изображения, а затем приземляется.

2. Облет террикона с захватом изображений, снятых под углом  $45^\circ$ , производится с той же высоты. Для этого в ручном режиме фиксирует наклон камеры под углом 45 градусов, и облетает вокруг объекта по намеченному радиусу на той же высоте.

3. Облет террикона с захватом изображений, снятых под углом  $90^\circ$ , производится высоты, уменьшенной примерно в 2 раза. Для этого в ручном режиме фиксирует наклон камеры под углом 80 градусов.

4. В некоторых случаях, когда структура объекта более сложная можно произвести еще один или несколько облетов с изменением высоты и угла камеры (рис. 1).

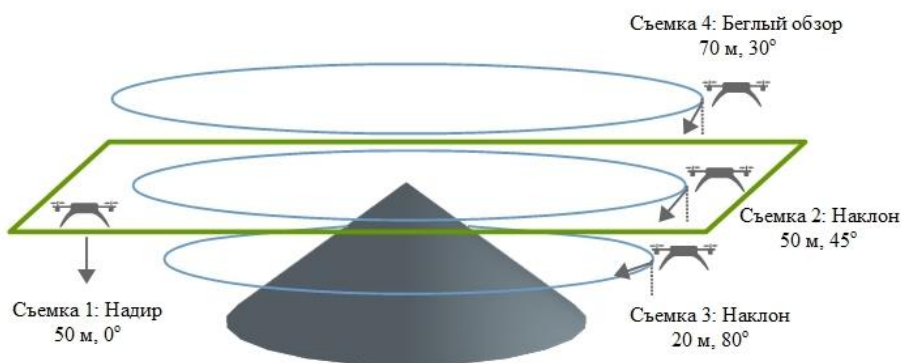


Рисунок 1 – Этапы съемки породного отвала

При захвате изображений снятых под углом важно избегать попадания в кадр горизонта, для этого ряд снимков необходимо делать в ручном режиме или настраивать срабатывание затвора камеры в автоматическом режиме с определенным замедлением.

#### **Обработка материалов съемки для создания цифровой модели.**

После завершения полетов материалы, отснятые с помощью дрона во всех рейсах, отправляются на сайт DroneDeploy, где через несколько часов обработки данных на основе облачных вычислений создается файл с расширением obj для формирования цифровой модели породного отвала. Файл obj содержит координаты и высоты точек объекта, и связывает их с координатами изображений для наложения текстуры.

#### **Привязка объекта в местной системе координат.**

С применением комплекса - БПЛА + мобильная станция RTK привязка объекта в местной системе координат значительно упрощается, а точность данных увеличивается. Станция RTK используется как опорная станция непрерывного действия, которая обеспечивает получение высокоточных данных позиционирования в диапазоне охвата базовой станции.

#### **Создание цифровой модели породного отвала.**

По имеющимся координатам и высотам точек объекта создать цифровую модель можно в любом программном продукте для 3D моделирования, позволяющим работать с файлом obj. В данной работе файл obj преобразован в txt, и цифровая модель сформирована в программе Surfer (рис. 2).

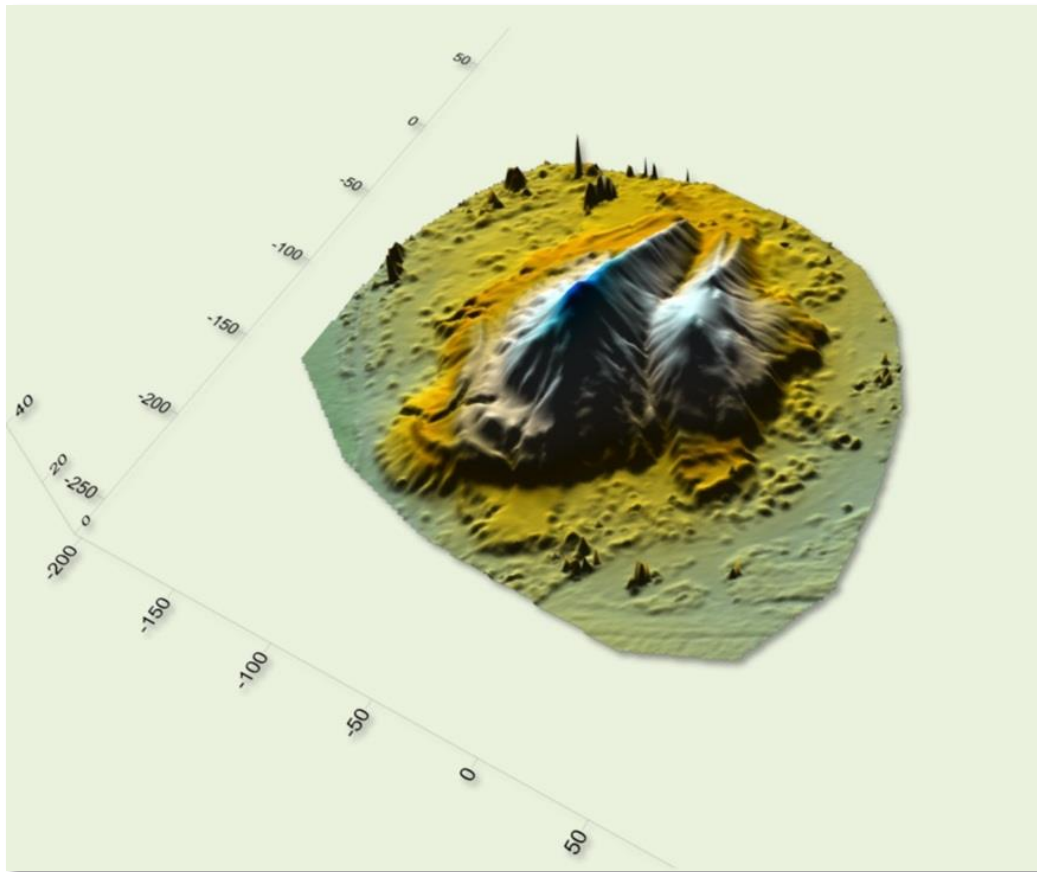


Рисунок 2 – Цифровая модель породного отвала шахты Западно-Щекинская 17-бис

**Total Volumes by:**

Trapezoidal Rule:	116783.73017398
Simpson's Rule:	116794.83677173
Simpson's 3/8 Rule:	116813.69186713

**Cut & Fill Volumes**

Positive Volume [Cut]:	173957.39674886
Negative Volume [Fill]:	57173.824430276
Net Volume [Cut-Fill]:	116783.57231859

**Areas**

**Planar Areas**

Positive Planar Area [Cut]:	22542.652459687
Negative Planar Area [Fill]:	25536.011103125
Blanked Planar Area:	79389.221579792
Total Planar Area:	127467.8851426

**Surface Areas**

Positive Surface Area [Cut]:	26306.284699248
------------------------------	-----------------

Рисунок 3 – Фрагмент отчета о вычислении площадей и объема террикона

**Исследование цифровой модели породного отвала**

По цифровой модели можно простроить карты, разрезы и профили поверхности, получить информацию обо всех геометрических параметрах отвала - занимаемая площадь, площадь поверхности, объем и т.д.

В данном случае, т.к. местность вокруг объекта достаточно пологая, для определения площадей и объема террикона в качестве нижней границы использовалась горизонталь наиболее близко расположенная к его подножию. Т.е. интересующие нас данные в отчете представлены с идентификатором «Positive» (рис. 3).

Такой подход позволяет получить данные для инвентаризации породных отвалов угольных шахт в короткие сроки с минимумом затрат и привлечения ресурсов.

### Библиографический список

1. Прохоров Д. О. Создание цифровой модели породного отвала угольной шахты на основе съёмки беспилотным летательным аппаратом// Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2018. Вып. 1. С. 64-72.

УДК 62-503.57

## СИНТЕЗ ИНТЕРВАЛЬНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ В АДАПТИВНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ С ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛЬЮ

БОТИРОВ Т. В.<sup>1</sup>, ЛАТИПОВ Ш.<sup>1</sup>, БАРАКАЕВ А. М.<sup>1</sup>, НАМОЗОВ Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Навоийский государственный горный институт

**Аннотация:** В статье формируется проблема управления в адаптивных системах управления с неопределенностью интервального параметра и достигаются условия для ее решения. С использованием аппарата интервального анализа предложены эталонные модели с упрощенными моделями управления процессами, а также алгоритмы настройки интервалов для много-связных адаптивных управляющих устройств.

**Ключевые слова:** адаптивное управление, эталонная модель, алгоритм, интервальной адаптивной регулятор.

## SYNTHESIS OF INTERVAL CONTROL DEVICES IN ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS WITH A REFERENCE MODEL

BOTIROV T. V.<sup>1</sup>, LATIPOV SH.<sup>1</sup>, BARAKAEV A. M.<sup>1</sup>, NAMAZOV N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Navoi state mining Institute

**Abstract:** the article forms the control problem in adaptive control systems with the uncertainty of the interval parameter and provides conditions for its solution. Using the interval analysis apparatus, reference models with simplified process control models are proposed, as well as algorithms for setting intervals for multi-connected adaptive control devices.

**Keywords:** adaptive control, reference model, algorithm, interval adaptive control.

Особое значение придается внедрению систем и средств автоматического и автоматизированного управления в горных производствах. Основными процессами обогащения горных пород являются дробление, измельчение, сепарация, флотация и обезвоживание продуктов [1].

Предварительный анализ показывает, что представленные процессы являются нестационарными, нелинейными, многомерными, со многими внутренними обратными связями, которые практически не имеют предварительной информации о форме и степени взаимосвязи между переменными в динамике в реальных условиях. Это значительно затрудняет получение адекватного математического описания технологических процессов и синтез адаптивных систем управления [1,2].

Понятие адаптивности регулятора для заданного нестационарного динамического объекта, управляемого адаптивным регулятором, как понятие управляемости и наблюдаемости динамического объекта, относится к понятию достижимости некоторой точки в пространстве состояний нелинейной управляемой системы.

В статье предложен метод решения задачи синтеза управляющих устройств адаптивного управления с эталонными моделями сложных технологических процессов обогащения руды в условиях неопределенности интервальных параметров. Этот метод будет распространен на синтез адаптивных устройств управления (например, адаптив-