# 1. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИКОНОВ

## 1.1. Методы исследования вещественного состава минеральной массы терриконов

В настоящее время при изучении вещественного состава минерального сырья пользуются в основном стандартным набором методов, включающим рентгенографический, фазовый элементный (химический) и оптико-минералогический анализы.

Для решения более конкретных задач в отдельных случаях применяются прецизионные физические методы [ ]: микрорентгеноспектральный (микрозондовый) и электронную микроскопию.

Поскольку в последние годы в промышленную переработку вовлекаются новые типы минерального сырья, которые ранее считались не перспективными, то при определении их минерального (фазового) состава и текстурно-структурных особенностей строения минеральной матрицы возникают определенные трудности (из-за сложности полиминерального состава, наличия аморфных и тонкодисперсных фаз, существенной неоднородности зерен промышленно ценных минералов, а также определенной близости физических свойств рудообразующих минералов).

При этом необходимо учитывать то, что ядерно-физические методы ориентированы на получение данных только об элементном и изотопном, а не фазовом составе исследуемой минеральной массы [ ].

Радиометрические методы (в том числе – рентгенорадиометрический) являются методами элементного анализа, и, как правило, направлены на спектрометрическое определение нескольких (U, Ra, Th и R) элементов по интенсивностям полученных аналитических линий, что также не дает детальной информации о минеральных фазах и их морфоструктурных (пространственных) характеристиках.

Рентгенографическим фазовым анализом (РФА) устанавливают минеральный (фазовый) состав, но им можно определять только кристаллические фазы горной массы. Кроме этого данный метод не идентифицирует аморфные и слабоокристаллизованные фазы и не позволяет определять основные текстурно-структурные характеристики, на которых, наряду с фазовым (минеральным) составом, основана оценка качества и технологических свойств минерального сырья [ ].

При этом, рентгенограмма порошка полиминерального состава представляет собой суперпозицию рентгеновских дифракционных спектров различных минеральных фаз, и перекрывание основных диагностических линий у изоморфных минералов или их расширение при нарушении регулярности кристаллической структуры довольно осложняет и даже делает полностью невозможной точную диагностику исследуемых минералов [ ].

Также необходимо учитывать то, что микрорентгеноспектральный (микрозондовый) анализ и электронная микроскопия являются методами локального, дорогостоящего и довольно времязатратного анализа, тогда как статистически достоверные геологические (минералогические) данные основываются на результатах массовых анализов [ ].

Оптико-геометрический метод позволяет проводить морфоструктурные исследования оптических (световых) изображений, получаемых на плоских срезах, экстраполируя получаемые данные в объемные (трехмерные) характеристики, что вносит определенные ограничения на правильность данных; а близкие значения оптических констант диагностируемых минералов не всегда позволяют достоверно дифференцировать (разделить) отдельные фазы и выполнить их необходимый анализ [ ].

Большинство применяемых в настоящее время традиционных методов исследуют только поверхность образца или его тонкий приповерхностный слой, и поэтому их использование не всегда позволяет однозначно оценивать объемное строение изучаемого минерала [ ]. Кроме того, при пробоподготовке на образец оказывается необратимое воздействие – истирание, напыление и др.

Во всех случаях выполняются трудоемкие и затратные операции по подготовке образцов к последующему исследованию (в том числе – фракционирование и концентрирование, а также выделение монофракций).

Для изучения объемной структуры, а также особенностей внутренней структурно-текстурной и фазовой неоднородности минерального вещества обычно проводят послойное шлифование или травление, а также изготавливают полированные шлифы и брикеты, что приводит к увеличению временных трудозатрат, разрушению образцов и, в ряде случаев, к существенному искажению получаемой информации об анализируемых параметрах.

**Зачастую необходимо осуществлять анализ растровых электронно-микроскопических снимков [**46].

Электронная микроскопия – это прямой оптический метод изучения структуры емкостного пространства. РЭМ-анализ способом катодолюминесценции, предложенным в 1987 г. В.А. Кузьминым, дает наиболее полное и объективное представление о изучаемом минерале или горной породе.

Суть этой методики заключается в исследовании аншлифа образца породы, поровое пространство которого предварительно насыщается люминесцирующим под электронным пучком органическим люминофором.

Получаемые РЭМ-изображения представляют собой практически бинарные изображения, на которых светлые участки соответствуют порам, заполненным люминесцирующим полимером, а темные — частицам. А сопровождающий программный инструмент «Колллектор» является специализированным средством работы с растровыми РЭМ-снимками, позволяющим проводить анализ структуры порового пространства, а также количественно рассчитывать важные фильтрационные свойства породы.





**Рис. 1.1. Примеры растровых электронно-микроскопических снимков горной породы** [[46](http://n-techn.ru/index.php/program/mikro)]

Статистические результаты обработки изображений эта программа представляет в численном и графическом виде (рис. 1.1).

Метод рентгеновской томографии выделяется среди других методов (применяемых для изучения внутреннего строения природного и техногенного сырья) эффективным сочетанием простоты процедуры, недеструктивности и экспрессности анализа с высокой информативностью получаемых результатов [ ].

Этот метод позволяет сохранять целостность объекта, а также исследовать взаимосвязи между элементами внутренней структуры минеральных образований в их естественном, ненарушенном состоянии и получать морфоструктурные характеристики in situ.

Метод рентгенотомографии принципиально отличается от традиционного рентгеновского теневого метода, основанного на прямом электронно-оптическом преобразовании потока излучения за изучаемым объектом в видимое изображение на рентгеновской пленке, флюоресцирующем экране или другом регистрирующем устройстве [ ].

Получаемое томографическое изображение не связано непосредственно с интенсивностью прошедшего через объект излучения, а является результатом вычислений, проводимых с использованием измеренных количественных данных. Это обеспечивает довольно высокую точность и чувствительность данного метода, в частности, чувствительность томографии к локальным неоднородностям в десятки раз больше, чем рентгенографии, а пространственное разрешение микротомографов, т.е. томографов с небольшим рабочим полем (первые см), составляет единицы–десятки микрон.

Важно и то, что метод рентгенотомографии позволяет выявлять микронеоднородности минеральных образований, определять положение, форму и размеры индивидов, а также устанавливать их морфоструктурные характеристики [ ].

Использовать рентгеновскую томографию как инструмент геологических исследований в России было предложено и начато в 1992 г. (Хозяинов М.С., Вайнберг Э.И.).

Применение метода рентгеновской томографии для решения геологических, минералогических и технологических задач требует некоторой адаптации прибора (томографа), а также разработки специальных методик проведения исследований, нацеленных на решение тех или иных практических задач, а кроме этого - разработку специализированного программного обеспечения, позволяющего осуществлять обработку и анализ томограмм для получения требуемой генетической и технологической информации о природном или техногенном сырье.

## 1.2. Способы определения степени самообжига горелых пород

Количество углистых примесей в горелой породе при небольшом их содержании можно определить по величине потери при прокаливании при 1000 °С (причем, если горелая порода вскипает от разбавленной соляной кислоты, то дополнительно определяется содержание углекислоты) [ ].

По водопоглощению материала также можно определять степень самообжига, применяя методы, при помощи которых устанавливают спекание или интенсивность обжига керамических материалов.

Нормальным самообжигом считается, если водопоглощение горелой породы изменяется в пределах 5-10%, и повышенным - при водопоглощении черепка менее 5% [ ].

При микроскопическом исследовании шлифов или при визуальном исследовании пород под стереомикроскопом легко установить качество самообжига горелых пород и содержание в них угля.

Так, текстура горелых пород, применяемых в качестве сырья для производства алюмосиликатных строительных материалов, исходя из определения полноты самообжига, может иметь сланцевый, кусковой или глыбообразный характер, но не должна быть рыхлой, сыпучей и землистой.

Цвет горелых пород тоже может быть различным, но для использования в строительных материалах предпочтительнее горелые породы чистых интенсивно-красных и алых цветов (получаемые в результате природного окислительного самообжига ожелезненных разностей) или белых, светло-серых и светло-розовых оттенков (характерных для тугоплавких, в большинстве каолинитовых видов глинистого сырья).

Наличие внутри отдельных кусков или пластов горелой породы небольших областей плотного строения серого и черного цветов, в основном состоящих из силикатов закиси железа, влияет на цвет порошкообразного материала, получаемого при размоле, но почти не отражается на других свойствах.

Существует простой (приближенный) способ определения количества угля, который можно применять в полевых условиях, — поглощение горелой породой метиленового голубого из раствора концентрации 0,5 г/л [ ]. Для этого берут 1 г горелой породы, измельченной до полного прохождения через сито 90, и к навеске приливают 10 см раствора метиленового голубого указанной концентрации.

При содержании более 1,5-2 % углистых примесей раствор красителя в течение 5-10 мин бледнеет, т.к. частички угля особенно активно адсорбируют краситель из раствора. Чем больше содержание угля в углесодержащих породах, тем быстрее обесцвечивается раствор.

Если углистых примесей в породе меньше 1,5%, то окраска раствора метиленового голубого в зависимости от степени самообжига породы изменяется так же, как при взаимодействии с черепком обычного кирпича [ ]: при низкотемпературном обжиге (600-700 °С) раствор постепенно, в течение нескольких часов, бледнеет, а при высокотемпературном обжиге (более 700 °С) раствор остается в течение нескольких суток почти без изменений.

Это испытание горелой породы помогает установить предельно простым способом в течение короткого времени наличие в ней поверхностно-активных частичек угля. При высоком содержании железистых соединений в породах желательно иметь их в окисных невосстановленных формах, т.к. в этом случае они способны к образованию гидроферритов кальция, увеличивающих прочность строительных материалов.

Обычно содержание железистых примесей (например, Fe2O3) редко превосходит 5-8 %, но среди большого количества исследованных проб природных горелых пород изредка встречаются разновидности с содержанием Fe2O3 от 20 до 40 %, что приближает их уже к природным земляным пигментам.

## ****1.3. Методы и методика изучения и оценки техногенных минеральных объектов****

Техногенные минеральные объекты (далее – ТМО) являющиеся отходами горнодобывающих, обогатительных, металлургических и других видов производств представляют собой скопления техногенных минеральных образований на поверхности Земли и в специальных хранилищах, в настоящее по количеству и качеству содержащегося в них горных пород не пригодные для промышленного использования.

Они характеризуются сложным внутренним строением, различаются по плотности, крупности слагающих их обломков, вещественному составу, содержанию полезных компонентов и технологическим свойствам хранимого минерального сырья.

Техногенные минеральные образования, которые по количественным, качественным, технологическим и технико-экономическим показателям обеспечивают возможность и экономическую целесообразность их промышленного освоения, относятся уже к техногенным месторождениям полезных ископаемых.

Техногенные минеральные объекты характеризуются различными количественными и качественными параметрами, условиями и временем образования, экологическим влиянием на окружающую среду и экономической эффективностью промышленного освоения.

ТМО могут представлять практический интерес для промышленного освоения в настоящее время или в будущем при внедрении новых, более прогрессивных технологий комплексной переработки техногенного минерального сырья, обеспечивающих наиболее полную их утилизацию с минимальным негативным экологическим воздействием на окружающую среду.

Геологоразведочные работы и геолого-экономическую оценку ТМО рекомендуется проводить на единой методологической основе, как на природных месторождениях полезных ископаемых.

В общем случае содержание геологоразведочных работ на ТМО аналогично работам на природных месторождениях, но при этом необходимо учитывать специфику формирования и особенности строения ТМО.

В частности, внутреннее строение техногенных минеральных образований определяется пространственным распределением различного по физико-механическим свойствам техногенного материала и полезных компонентов.

В результате длительного хранения может произойти миграция - перераспределение отдельных компонентов внутри ТМО и их накопление в определенных зонах.

Методы исследования [Горбачева]:

* систематизация данных о породных отвалах;
* обследование породных отвалов и прилегающих территорий, документация наблюдаемых явлений преобразования отходов, отбор проб и образцов отвальных пород, почв и грунтов на этапе полевых исследований;
* изучение и описание минералого-петрографических особенностей отвальных пород с выделением всего разнообразия петро- и литотипов, изучение ореолов вторичной минерализации вокруг очагов окисления;
* химико-аналитические исследования отобранных проб на широкий спектр элементов на базе аккредитованной лаборатории;
* обработка данных полевых и лабораторных работ с применением методов математической статистики и использованием современного программного обеспечения.

Для общей характеристики пород по разрезу террикона были использованы макролитологические описания керна С.Л. Троицкий, 1959 г.).

При литологической обработке керна применялись следующие виды анализов: ситовым методом исследовался гранулометрический состав горной массы; в минеральном составе иммерсионным методом определялись легкая и тяжелая фракции; В состав терригенной фракции вошли аутигенные минералы, но их относительное содержание было невелико, и поэтому они не искажают общего представления о распределении акцессорных минералов и не мешают использованию их в качестве коррелятивов.

Гранулометрический и минералогический анализы были сделаны для 120 образцов по 14 скважинам [47]. Литологический анализ отложений, вскрытых остальными скважинами, проводился лишь по отдельным горизонтам.

Для установления минерального состава глин их образцы были подвергнуты термическому, электронно-микроскопическому и рентгено-структурному анализу.

Образцы на определение обменного комплекса с целью восстановления фациальных условий были отобраны преимущественно из глинистых прослоев по отдельным горизонтам. Петрографическими методами был исследован и описан валунно-галечный материал [47].

Литолого-минеральный состав и физико-механические свойства скальных вскрышных и углевмещающих пород обычно характеризуются довольно высокой стабильностью своего состава. Поэтому уже по данным геологоразведочных работ можно дать оценку и характеристику в дальнейшем образуемого техногенного минерального сырья.

В настоящее время техногенное минеральное сырье подразделяют на 2 группы [48]:

1) техногенное минеральное сырье сходное по вещественному составу и свойствам с природным минеральным сырьем. Оно представлено вскрышными и углевмещающими породами, а также отходами сухой переработки и сухого обогащения полезных ископаемых. Это техногенное сырье используется практически в тех же направлениях, что и природное минеральное сырье. Качественную оценку его производят по методикам, разработанным для природного минерального сырья;

2) техногенное минеральное сырье, существенно отличающееся от природного минерального сырья, представлено горной массой горелых терриконов, а также отходами мокрых способов обогащения, металлургическими шлаками, шламами химических заводов или золошлаковыми отходами тепловых электростанций. Это техногенное сырье существенно отличается по вещественному составу и физико-механическим свойствам от природного минерального сырья.

## 1.5. Изучение углевмещающих пород

Изучение углевмещающих пород было начато практически со времени организации промышленной угледобычи (около 200 лет назад).

Проводились они в нескольких отдельных направлениях, наиболее существенными из которых являлись [ ]:

* литолого-минералогическое исследование углевмещающих пород (для целей геологических съёмок и решения вопросов горно-геологических условий отработки угольных пластов);
* установление причин и факторов самовозгорания терриконов (с целью прогнозирования эндогенной и экзогенной пожароопасности терриконов угледобывающих предприятий и обогатительных фабрик);
* изучение вещественного состава горных пород, слагающих трансформированные терриконы угольных шахт, как нетрадиционного техногенного минерального сырья (с целью установления возможных направлений их утилизации и разработки инженерных решений по предотвращению возможного возгорания терриконов и их деформации).

В работах [2[5](http://masters.donntu.edu.ua/2012/feht/gorbachova/diss/index.htm#ref3)-[30](http://masters.donntu.edu.ua/2012/feht/gorbachova/diss/index.htm#ref8)] были отражены результаты геохимических, минералого-петрографических и экологических исследований особенностей терриконов угольных шахт.

В частности было установлено, что в терриконах Донбасса преобладают обогащенные органикой осадочные породы каменноугольного возраста, имеющие вполне определенную геохимическую специализацию. В этих отложениях в повышенных концентрациях установлены германий, уран и редкие металлы, а также халькофильные элементы [[36](http://masters.donntu.edu.ua/2012/feht/gorbachova/diss/index.htm#ref13)].

Под руководством профессора Чеснокова Б.В. проводились минералогические исследования горелых отвалов Челябинского угольного бассейна. В результате коллективом института Уро РАН были выявлены и охарактеризованы генетические типы минерализации горелых пород - от наиболее высокотемпературных (выше 1200° С) до продуктов гипергенеза (в условиях поверхностных слоев массива террикона).

В работе [4], основные задачи исследований заключались:

* в разработке методики геотехнологического картирования и термобарогеохимического моделирования процессов преобразования терриконов антрацитовых угольных шахт Восточного Донбасса (находящихся на разных стадиях автотермодеструкции);
* в выявлении геолого-генетических факторов и критериев, определяющие особенности формирования исходного состава терриконов, а также склонности слагающих их пород к самовозгоранию и термодеструкции;
* в установлении зависимости состава и строения терриконов от принятой системы вскрытия и подготовки, а также отработки угольных пластов (на примере шахтных отвалов Краснодонецкого месторождения);
* в проведении комплексных термобарогеохимических и минералого-петрографических исследований не горящих, горящих, а также уже перегоревших углепородных терриконов.

Новизна работы [4] заключалась в следующем:

1. В разработке методики геолого-технологического изучения, а также прогнозирования направлений использования вторичного сырья - отходов угледобычи, осуществляемой по 3-м вариантам вскрытия и подготовки угольного месторождения к эксплуатации (вертикальными стволами, наклонными стволами и комбинированным способом).

2. В установлении зависимости между процессами самовозгорания терриконов и термобарогеохимическими условиями формирования угленосной толщи, заключающейся в том, что повышенная склонность антрацитов к самовозгоранию обусловлена особенностями их эпигенетического преобразования в локальных зонах углеводородной флюидизации при температурах 160-250 ºС и давлениях 70–100 МПа.

 Активированный таким образом уголь, при его поступлении в террикон, инициирует и поддерживает своим энергетическим ресурсом длительное функционирование очагов горения в теле террикона.

3. В обосновании необходимости выделения внутри горящих (перегоревших) терриконов своеобразной группы термопреобразованных пород - пирометаморфитов, представленных экзобухитами, экзоглисжами и термоантрацитами (со специфическими свойствами комплексного техногенного сырья).

Также в этой работе были представлены результаты предварительной геолого-экономической оценки 10 терриконов (как потенциальных промышленных объектов - источников комплексного техногенного сырья многоцелевого назначения). Кроме этого был разработан минерально-сырьевой кадастр складированных в пределах горного отвода углеотходов в объеме 1,7 млн. м3 [4].

В работе [3] одновременно рассматривались терриконы угледобывающих предприятий и ГРЭС, находящиеся в центральной промышленно развитой и густонаселенной части Челябинской области (гг. Копейск, Коркино, Еманжелинск и Южно-Уральск).

Здесь же приведены аналогии между процессами термического преобразования осадочных пород и промышленным производством керамики и цемента, а также выявлены тенденции перераспределения ряда макро- и микрокомпонентов в процессе эволюции системы горелых терриконов.

Кроме этого, было дано заключение о типах техногенной нагрузки, которую испытывает территория, примыкающая к комплексу терриконов.

Впервые систематически исследованы энергетические золы бурых углей Челябинского бассейна и сделаны выводы о механизмах фазообразования в процессах промышленного сжигания углей. Разработаны базовые рекомендации по возможному использованию и направлению рекультивации горелых терриконов и золотоотвалов [3].

Содержание горючих примесей углевмещающих породах определяется по методике, заключающейся в том, что навеску породы обрабатывают соляной и плавиковой кислотами и за органические вещества считают зольность нерастворимого остатка.

## 1.6. Разработка плана научно-исследовательских работ по натурному изучению терриконов Кызылкийского месторождения

Методика исследования техногенных месторождений (техногенных минеральных объектов) в значительной мере отличается от изучения природных объектов, что обусловлено их генезисом [2, 3].

С одной стороны, это компактное размещение техногенных минеральных объектов непосредственно в зоне промышленных предприятий, с другой стороны — частое существование в их массиве новых минеральных формирований сложного минерального состава, приводящее к необходимости применение дополнительных технологий их обследования.

Современные методы исследований терриконов включают в себя [7]:

* систематизацию данных о терриконах;
* обследование терриконов и прилегающих территорий, изучение документации наблюдаемых явлений преобразования отходов;
* отбор проб и образцов терриконов, почв и грунтов на этапе полевых исследований;
* изучение и описание минералого-петрографических особенностей терриконов с выделением всего разнообразия петро- и литотипов;
* изучение ореолов вторичной минерализации вокруг выявленных очагов окисления;
* химико-аналитические исследования отобранных проб на широкий спектр элементов на базе аккредитованной лаборатории;
* обработка данных полевых и лабораторных работ с применением методов математической статистики и использованием современного программного обеспечения.

Поэтому проведение комплексных исследований на терриконах должно включать в себя несколько последовательных этапов.

*Первым* и наиболее важным из которых являются оценочные работы, которые состоят из опробования минерального материала откосов и поверхности терриконов, а также керна скважин колонкового бурения.

На *втором этапе* осуществляют аналитические и минералогические исследования (с целью изучения минерального состава терриконов).

Этот этап исследований включает изучение физико-механических свойств, а также минералогическое и петрофизическое изучение материалов отобранных проб и образцов.

В последнее время для этих целей применяют ядерно-физические методы анализа, которые можно использовать для веществ любого агрегатного состояния (твердого, жидкого или газообразного) и которые наиболее эффективны для определения тяжелых и радиоактивных металлов.

*Третий этап* завершается обработкой полученной информации, составлением геологической карты и разрезов, а также модели строения террикона и реального перераспределения химических элементов (с выделением образующихся техногенных минеральных фаз и минералов)

Полученные результаты определения вещественного состава, а также минералого-петрографических и петрофизических характеристик техногенных отложений оформляются в виде геолого-технологической карты или особого плана [37].

В настоящее время не существует утвержденной методики отбора проб породной массы на терриконах, поэтому при проведении опробования нами была использована общая методика отбора литохимических проб [7].

Данной методикой предусмотрен отбор проб с учетом структурно-вещественных признаков слагающих массив террикона различных пород. При этом отбор проб осуществляется по определенной сети, и с определенной площадки при отборе площадных проб.

Площадные пробы отбираются при изучении площадных изометричных структур или рыхлых перемешенных природных и техногенных образований. Площадные пробы составляются из нескольких точечных проб.

В соответствии с этим площадные пробы отбирались нами с разных частей терриконов (рис. 1.2).

Наиболее разнообразны по минеральному составу оказались участки окисления и горения терриконов. Здесь отмечается значительное разнообразие техногенных минералов, среди которых преобладают сульфаты фумарольного происхождения.



Рис. 1.2. Схема отбора групповых проб в зависимости от высоты террикона

Вокруг очагов горения выделяются зональное распределение новообразованных минералов. Поэтому при опробовании необходимо учесть все разнообразие первичных и техногенных вторичных пород.

Полевому изучению и опробованию шахтных терриконов предшествовало детальное изучение результатов геологоразведочных работ на исследуемых угольных бассейнах и месторождениях.

В этот период на основании полученной информации уточнялось соотношение различных литологических типов углевмещающих пород, поступающих в терриконы в процессе проведения вскрышных, подготовительных и очистных выработок.

В дальнейшем отбор рядовых геологоразведочных проб осуществлялся по общепринятой для терриконов методике с учетом их морфометрических параметров и особенностей гравитационной сегрегации материала, отсыпаемого «под откос» [Меркулов, 1981].

Опробование производилось поярусно, точечным способом с предварительной разбивкой тела терриконика параллельными горизонтальными плоскостями на зоны опробования средней мощностью 8-10 метров.

Разбивка террикона на зоны опробования производилась от его вершины к основанию с присвоением каждой зоне своего порядкового номера. Таким образом, для террикона высотой 40 метров выделялось 5 зон, а для 60 метрового террикона - 6 зон (см. рис. 1.2).

Масса первичных рядовых проб, количество которых соответствует выделенным зонам, устанавливалась как сумма масс точечных порций вещества, входящих в первичную пробу.

Отбор порций производился ручным способом с соблюдением необходимых мер безопасности. Глубина отбора порций составляла в среднем 0,5-2,0 м.

В дальнейшем полученные рядовые геологоразведочные пробы объединялись в лабораторно-технологические пробы, характеризующие верхнюю, среднюю и нижнюю части террикона.

# Выводы

1. В настоящее время существуют множество методов исследований вещественного состава техногенных месторождений: ядерно-физические, микрорентгентоспекральный анализ, электронная микроскопия, оптико-геометрический метод, метод рентгеновской томографии и т.д.

2. Изучение угольных терриконов включает в себя: систематизацию данных о терриконах, отбор проб с терриконов, изучение и описание минералого-петрографических особенностей горной массы террикона, химико-аналитические исследования отобранных проб, обработка получаемых данных методом математической статистики.

3. Исследование угольных терриконов проводилось поярусно с предварительной разбивкой тела террикона параллельными плоскостями. Пробы отбирались с глубины 0,5-2 м каждые 8-10 метров от основания к верху террикона.

4. Отобранные пробы объединялись в лабораторно-технологические пробы характеризующие верхнюю, среднюю и нижнюю часть террикона.