

МОДЕЛИ РАЗВАЛОВ ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ ДВУХСТАДИЙНЫМ МЕТОДОМ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТРУКТУРНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКА

*А.В. Тимохин, В.Д. Кантемиров, Р.С. Титов, В.Н. Шаповаленко
Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

Аннотация: В статье приведены результаты вещественной и сортовой оценки балансовых запасов известняка крупного месторождения. На основе электрометрических измерений массива и моделирования формирования развала взорванной горной массы, на примере Костанокского участка Чаньвинского месторождения известняка (Пермский край), предложен 2-х стадийный метод изучения сложноструктурных массивов минерального сырья. Представлены результаты масштабных электрометрических съемок и локальных обмеров взрывных блоков по методу сопротивлений в сочетании с вертикальными электроразведкой (ВЭЗ). Представлены количественные карты изолиний загрязняющего вещества (глин) отработываемых участков известнякового массива, которые являются исходными данными в моделях развалов взорванной горной массы. Установлены основные параметры геометрической интерпретации состава взорванной рудной массы. Для количественной оценки объемов кондиционного и разубоженного известняка в развале взорванной рудной массы выявлена дифференциация упруго-пластических свойств слоев известняка разного сортового состава в зависимости от углов наклона рабочих уступов. Установлена типичность строения зон «известняк-глина», как форм происхождения засоряющих субстанций фациально-тектонического генезиса. Определены параметры и основные положения методики оценки потерь и разубоживания полезного ископаемого в сложных геолого-технических условиях ведения горных работ. На примере Костанокского участка известняков разработан алгоритм получения информации о структуре строения отработываемого массива для повышения эффективности добычных работ. Полученные результаты подтверждают актуальность оксид-метрической интерпретации данных электрометрических измерений для оценки степени потерь и засорения извлекаемой рудной массы при отработке сложноструктурных массивов.

Ключевые слова: известняк, глина, электрометрия, электроразведка, сортовые измерения блоков, расчеты глинизации, разубоживание, энерго-ресурсосбережение.

MODELS OF THE COLLAPSE OF AN EXPLODED ROCK MASS BY A TWO-STAGE METHOD OF ESTIMATING A COMPLEX-STRUCTURED LIMESTONE DEPOSIT

*A.V. Timohin, V.D. Kantemirov, R.S. Titov, V.N. Shapovalenko
Institute of Mining, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia*

Abstract: The article presents the results of the material and varietal assessment of the balance reserves of limestone of a large deposit. On the basis of electrometric measurements of the massif and modeling of the collapse of the exploded rock mass, using the example of the Kostanok site of the Chanvin limestone deposit (Perm Krai), a 2-stage method for studying complex-structured arrays of mineral raw materials is proposed. The results of large-scale electrometric surveys and local measurements of explosive blocks by the method of resistances in combination with vertical electro-sounding (VEZ) are presented. Quantitative maps of the isolines of the contaminant (clays) of the mined sections of the limestone massif are presented, which are the initial data in the models of the ruins of the exploded rock mass. The main parameters of the geometric interpretation of the composition of the exploded ore mass are established. To quantify the volumes of conditioned and dilute limestone in the collapse of the exploded ore mass, the differentiation of elastic-plastic properties of limestone layers of different grade composition depending on the angles of inclination of the working ledges was revealed. The typicality of the structure of the limestone-clay zones as forms of origin of clogging substances of facies-tectonic genesis has been established. The parameters and main provisions of the methodology for assessing losses and dilution of minerals in complex geological and technical conditions of mining operations are determined. Using the example of the Kostanok limestone site, an algorithm has been developed for obtaining information about the structure of the structure of the processed massif to increase the efficiency of mining operations. The results obtained confirm the relevance of the oxide-metric interpretation of electrometric measurement data for assessing the degree of loss and clogging of the extracted ore mass during the development of complex-structured arrays.

Keywords: limestone, clay, electrometry, electric sounding, varietal measurements of blocks, calculations of clay, dilution, energy and resource conservation.

Для оценки степени засорения рудной массы при разработке сложноструктурных месторождений нагорного типа требуется разработка специальных методов спектрально-сортовой и вещественной оценки добываемого минерального сырья. Реализация этих методов позволит оптимизировать существующие методики нормирования потерь и разубоживания полезного ископаемого (ПИ), усовершенствовать управление качеством сырья в увязке с планами развития горных работ и режимами обогащения [1-4].

Высокоточные измерения при оценке массивов месторождений связаны с выявлением петрофизического индикатора электропроводности пород, используемого в построении оксид-метрических моделей на основе интерпретации данных электрометрии. Построение погоризонтных планов качественных параметров ПИ в условиях минерального разнообразия агрегаций sp -окислов производится на основе электрометрии и является результатом использования стационарных сигналов полупроводников на фоне породных диэлектриков.

Лабораторией управления качеством минерального сырья (УКР) ИГД УрО РАН разработан метод высокоточной оценки с применением электрометрических измерений, на основе которого решена геоинформационная задача планирования селективной отработки сложноструктурных массивов ПИ. Метод предусматривает измерения в объемной постановке, которые проводятся в сочетании площадных, полосных съемок и вертикальных электрических зондирования (ВЭЗ).

Метод в составе 2-х этапов апробирован при оценке засорения массива известняков Чаньвинского месторождения (АО «Березниковский содовый завод», Пермский край).

Первый этап исследований (геометризация) включает анализ естественного залегания зон засорения [5] и участков чистого известняка ($CaCO_3$), а также изучение крупных литологических форм и локальных разрезов «известняк-глина» и расчет углов откоса рабочих уступов карьера.

Второй этап предназначен для установления вещественного состава рудной массы в разрыхленном состоянии (в развалах взорванного известняка) с установлением взаимосвязи исходной структуры массива и состава развалов при отбойке слоев засорения. Основой физических наблюдений метода послужили установленные связи электропроводности и химического состава горных пород.

По данным экспериментальных электрометрических измерений взрывных блоков массива определено расположение засоряющих глинистых слоев в продуктивной части массива и смоделирован вещественный состав развалов взорванного известняка [6, 7].

Цель исследований: Выявление структурных форм строения известняка в естественном залегании, установление геологического строения фациальных систем кондиционных пластов известняка в сочетании с зонами концентрирования засоряющих массив глинистых субстанций. Оценка результатов электроразведки месторождения на основе 2-х стадийного подхода, включающего данные латерально-глубинных электрометрических зондирования и моделирования вещественного состава развалов известняка после буровзрывных работ (БВР), по результатам которых установлено исходное строение разрабатываемой залежи.

Методы и материалы исследований

Полезная толща Чаньвинского месторождения представлена химически чистыми известняками франского и фаменского ярусов верхнего отдела девонской системы. По качественным параметрам: химическим и физико-механическим свойствам известняки пригодны для производства соды, извести, известняковой муки и строительного щебня. Месторождение эксплуатируется открытым способом.

На месторождении развиты процессы поверхностного и подземного карста (воронки и полости), заполненного песчано-глинистым материалом с примесью щебня известняков. Глина в отношении качества карбонатного сырья является вредным компонентом. Средняя закарстованность карбонатных пород на участке отработки составляет 17% — выше гор. +245 м и 5,9% — ниже гор. +245 м, максимальная 54% — для гор. +275 м. По химическому составу глина имеет силикатную основу и содержит более 59% SiO_2 , более 20% Al_2O_3 и до 8% окислов железа, а также 1,2 % TiO_2 [5]. Таким образом, широкое развитие глинистых образований является главным фактором, осложняющим эксплуатацию месторождения.

Отсутствие достоверной информации о зонах повышенного и высокого содержания глин (ПВСГ) приводит к высокой, а на отдельных участках к крайне высокой, степени засорения взорванной горной массы извлекаемого известняка глинистыми включениями [5].

На предприятии причиной глинизации массива известняка считаются карстопроявления гальванической природы за счет переноса растворенного вещества- суффозии.

По результатам исследований массива геофизическими методами лабораторией УКР ИГД УрО РАН установлено, что засоряющие глины имеют связь с протеканием процессов фациально-тектонического генезиса, что противоположно версиям предприятия по гальваническому переносу вещества — суффозии [8-11].

Установлено, что комплексы глин развиты по трещинным, эндогенным плоскостям. Слои генерального напластования залегают под углом к горизонту $26,5^\circ$ падением на восток. Короткая тыльная грань, свойственная идеальному кристаллу $CaCO_3$ («скошенный» параллелепипед), наклонена на запад под углом 53° , как и развитые по ослаблению системы трещин. Зоны ПВСГ представляют заполнитель между крупными, глыбовыми и малыми, плитчатыми формами известняка (рис. 1).

На рис. 1 представлен откос уступа, сформированный выпуклой, вогнутой или их сочетанием поверхностью. Проекция контактов (угол 53°) на эти поверхности получает видимые искажения, как к более вертикальному положению, так и в другом случае — к большему наклонению к горизонту.

По содержанию основных химических компонентов известняки месторождения отвечают требованиям, предъявляемым к карбонатному сырью для производства кальцинированной соды. Химический состав известняков приведен в табл. 1.

По требованиям к химической чистоте исходного сырья, подаваемый известняк должен содержать не менее 95% $CaCO_3$ и не более 4% $MgCO_3$ и 2,5% SiO_2 [3, 5, 9, 12]. Технологической схемой переработки на обогатительной фабрике (ОФ) допускается использование сырья с примесями глин

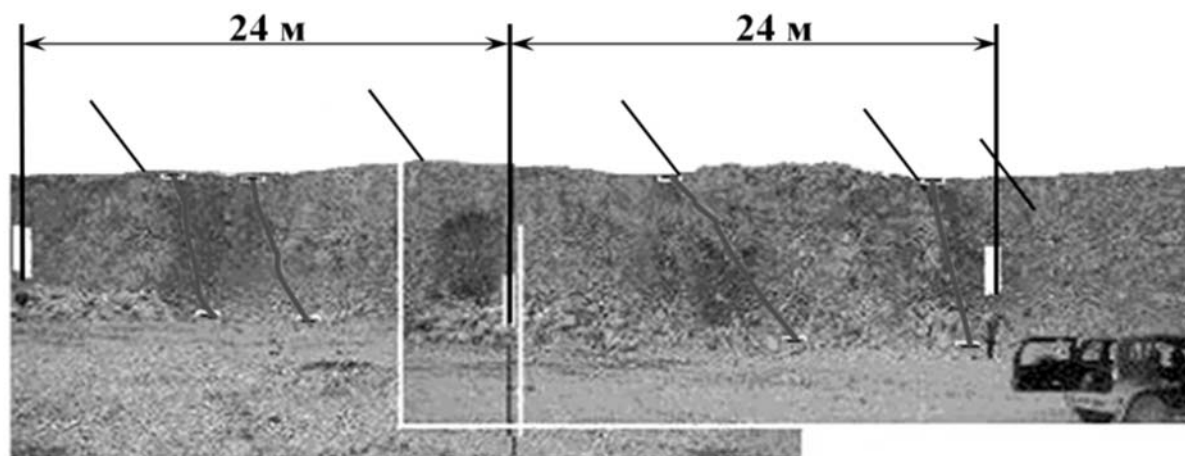


Рис. 1. Панорамная фотография южного борта карьера с зонами ПВСГ / Fig. 1. Panoramic photo of the southern side of the quarry with areas of high clay content:.

Черные линии – метки дешифрирования с углом падения 53° к горизонту направлением на Запад/ Black lines are decryption marks with an angle of incidence of 53° to the horizon with a direction to the West; Серые линии (линии от нижней до верхней бровки откоса) – положение отслеживаемых контактов «известняк-глина» и «глина- известняк» в проекциях на рельеф откоса/ Red lines (lines from the lower to the upper edge of the slope) - the position of the tracked contacts «limestone- clay» and «clay- limestone» in projections on the relief of the slope.

Таблица 1 / Table 1

Химический состав известняков Чаньвинского месторождения / Chemical composition of limestone of Chanvinsky deposit.

Категория / Category	Содержание основных компонентов, % / The content of the main components, %			
	CaCO ₃	MgCO ₃	SiO ₂	R ₂ O ₃
A	98,16	0,87	0,30	0,19
B	98,47	0,76	0,24	0,15
C ₁	98,34	0,84	0,26	0,18
C ₂	98,16	0,79	0,25	0,19
В целом по участку / In general, for the site of the deposit	98,31	0,83	0,27	0,18

не более 5%. При засорении глинистыми включениями до 25% в карьере предусмотрено очищение извлекаемого известняка на комплексе очистки (КОИ) и доведения качественных параметров до нормативных значений. Извлекаемый известняк со степенью глинизации более 25% является некондиционным и вывозится в отвал.

По требованиям к химической чистоте исходного сырья, подаваемый известняк должен содержать не менее 95% CaCO₃ и не более 4% MgCO₃ и 2,5% SiO₂ [3, 5, 9, 12]. Технологической схемой переработки на обогатительной фабрике (ОФ) допускается использование сырья с примесями глин не более 5%. При засорении глинистыми включениями до 25% в карьере предусмотрено очищение извлекаемого известняка на комплексе очистки (КОИ) и доведения качественных параметров до нормативных значений. Извлекаемый известняк со степенью глинизации более 25% является некондиционным и вывозится в отвал.

Однако, работа КОИ возможна только в летний (сухой) период и составляет не более 180 дней в году. Поэтому в настоящее время на карьере также применяется селективная отработка зон известняка с различным содержанием карстового материала (глины). Это позволяет направлять на переработку известняк требуемого качества (не более 5% глины), но потери известняка при этом составляют от 20 до 35%, что в несколько раз выше нормативных значений.

В геолого-технических условиях эксплуатации Чаньвинского месторождения наиболее важной задачей, позволяющей снизить потери и разубоживание известняка при добыче, является точное оконтуривание зон повышенного и высокого содержания глин (ПВСГ). Применение для этого скважинного способа разведки по сети скважин 25×25 м неизбежно приводит к пропуску большей части зон ПВСГ. Следовательно, необходима существенная корректировка методики и средств ведения, непосредственно, разведки. Альтернативой скважинного способа может быть геофизическая съемка, при которой наблюдения по профилям можно делать практически непрерывными.

В ходе опытно-методических работ по оценке эффективности геофизических методов в отношении выявления зон ПВСГ, установлено, что получение достоверной геологической информации и сведений о качественном составе известнякового массива в условиях Чаньвинского карьера может быть осуществлено методом высокоточной электроразведки (электрометрии). Использование электроразведки для изучения строения массива горных пород базируется на зависимости сопротивления пород от их свойств, состава и состояния.

Методика электрометрических измерений была реализована в объемной постановке задачи, за счет сочетания полосной съемки по методике площадного срединного градиента

(ПСГ) с шагом 6×6 м и 6×12 м и вертикальных электрозондирований (ВЭЗ). Размеры установок ПСГ определялись инструментально из условия не превысить глубину измерения, равную высоте обмеряемого с поверхности блока (уступа). При этом полоса ПСГ (линия электродов питающей линии АВ) располагалась строго параллельно бровке уступа, если вдоль полосы измерения высотная отметка блока одинакова, и с увеличением дистанции от бровки до полосы измерения, если вдоль полосы наблюдалась повышение высотной отметки блока. При соблюдении этого условия «кусочно-равномерные» по химическому составу участки массива идентифицирует характерная плавность изменений сопротивления ρ_k . С целью выявления всех имеющихся в исследуемом массиве разнообразий составов известняков (химическому и с учетом засоренности глинами) при параметрическом зондировании (после первичных измерений площадок ПСГ, где дополнительным ориентиром для заземлений служили неоднородности, визуально отмечаемые в стенке борта карьера) измерения выполнялись на протяженных линиях, так называемых «магистральных» профилях. При этом, значительные понижения сопротивления (засоренные, глинистые участки) служили основанием измерения сначала ПСГ, а затем параметрических ВЭЗ.

Из арсенала электрометрии по методу сопротивлений, направленного на реализацию оксид-метрических алгоритмов, были выполнены следующие разновидности измерений ВЭС и ПСГ [13]:

1) Вертикальное электрозондирование (ВЭЗ): симметричные четырехэлектродные установки АМNB типа Шлюмберже; четырехэлектродные с нелинейным расположением перемещаемых линий АО/ВО; с элементами дипольного зондирования ДЭЗ (на сложных рельефах) и трехэлектродное двустороннее (АО/ВО) с многократным перенаправлением одной или каждой из сторон, а так же с переустановкой в «искомый» сектор измерительного диполя MN (длина диполей фиксирована во всех ВЭЗ, 1 и 6 метров).

2) Метод срединного градиента (ПСГ): при длине линий АВ в 24, 48, 72 метра (при размерах >72 м глубина и охват превышают размеры блоков); при «магистральных измерениях» для передачи переходного сопротивления и контроля измеряемых потенциалов обязательно сохранялось заземление на 2-х линиях каждого профиля — предшествующей и последующей расстановок АВ; использовался шаг измерений 24 и 18 метров (с редким технологическим переходом на 21/27 и 12/24 м).

Обработка результатов электрометрических измерений производилась с помощью специализированного программного комплекса, в ходе качественной интерпретации с предварительной объемной оптимизацией наблюдаемых параметров, первичной обработки и количественной интерпретации полевого материала. Использовались и представлены графики электрических зондирований по исследуемым участкам месторождения.

В результате интерпретации электрометрических измерений установлены параметры общей структуры месторождения, литологической обстановки известково-глинистых крупных слоевых форм и локального, поблочного строения. Выделена дифференциация и диапазоны сопротивлений, установленные в градиентной «идентичной» среде равномерно мало-глубинного электрического поля, характеризующие

объем блоков, свойства измеряемого массива и конкретные параметры состава (качество).

Прогноз качества известняков дан на основе специальной методики расчета состава окислов, опирающейся на анализ индивидуального, петрофизического действия окислов Ca, Al и Si при подчиненном и незначительном, в силу малости содержаний, но при контроле действия окислов Mg и Fe. Такая оценка приводит к количественному вычислению засорения, т.е. примесей в чистый CaCO_3 . Прогноз и расчеты состава (оксид-метрический алгоритм) находятся в зависимости от проработки правил и уравнений для многокомпонентных смесей. Алгоритм предполагает функциональный расчет в соответствии с «теорией поля», где учитывается содержание компонентов и сопротивление каждого агрегата смеси (2-х или 3-х агрегатных смесей). Уравнение для расчетов двухкомпонентной смеси принадлежит И.К. Овчинникову и имеет следующий вид [14]:

$$\rho_n = \frac{3\rho_{зан} ABC}{3ABC + 2(1 - w_{зан})\Delta\rho(AB + AC + BC)}, \quad (1)$$

$$\Delta\rho = \rho_{зан} - \rho_{вкл}, \quad (2)$$

$$A = abcA(0)w_{зан}\Delta\rho + 2\rho_{вкл}, \quad (3)$$

$$B = abcB(0)w_{зан}\Delta\rho + 2\rho_{вкл}, \quad (4)$$

$$C = abcC(0)w_{зан}\Delta\rho + 2\rho_{вкл}, \quad (5)$$

где ρ_n — сопротивление смеси; $\rho_{зан}$ — сопротивление заполнителя; $w_{зан}$ — объемное содержание заполнителя; $\rho_{вкл}$ — сопротивление эллипсоидальных включений; a, b, c — полуоси эллипсоида; $A(0), B(0), C(0)$ — функции эллиптических интегралов 1-го и 2-го рода и тригонометрических функций.

Частный случай уравнения (1), для смеси с включениями бесконечно большого сопротивления, выражает уравнение Семенова А.С. [15]:

$$\rho_n = \frac{(3 - w_{зан})\rho_{зан}}{2w_{зан}}. \quad (6)$$

В прогнозируемом и измеренном общем диапазоне электросопротивлений массива месторождения (от 62 до 67000 Ом·м, т.е. более 1000 раз) влияние примесей окислов Mg и Fe оценено как ничтожно малое. Сравнивались результаты моделирования 2-х компонентной смеси (известняк + Al_2O_3) с расчетом включения 3-й компоненты в виде магнезии MgO (с эл. сопротивлением 400 Ом·м). Разница сопротивлений составила не более 102%. Столь низкое влияние следует так же отнести к сигналам других геофизических методов, в том числе ранее применяемых на месторождении. Поэтому, в алгоритме вычисления показатель «засорения» глинистым материалом был отнесен исключительно на действие Al_2O_3 , как в минеральном скелете, так и в составе глин [13]. Установлено, что земельные фазы и глинистые фракции концентрирования Al_2O_3 , несмотря на указанные 2 формы нахождения, различаемые в единственности действия, соответственно, «электронной» и «ионной» природы, обладают истинным электросопротивлением $\rho_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 20$ Ом·м, т.е. эквивалентны по электропроводности. С учетом «операторного» значения сопротивления засоряющего известняк гли-

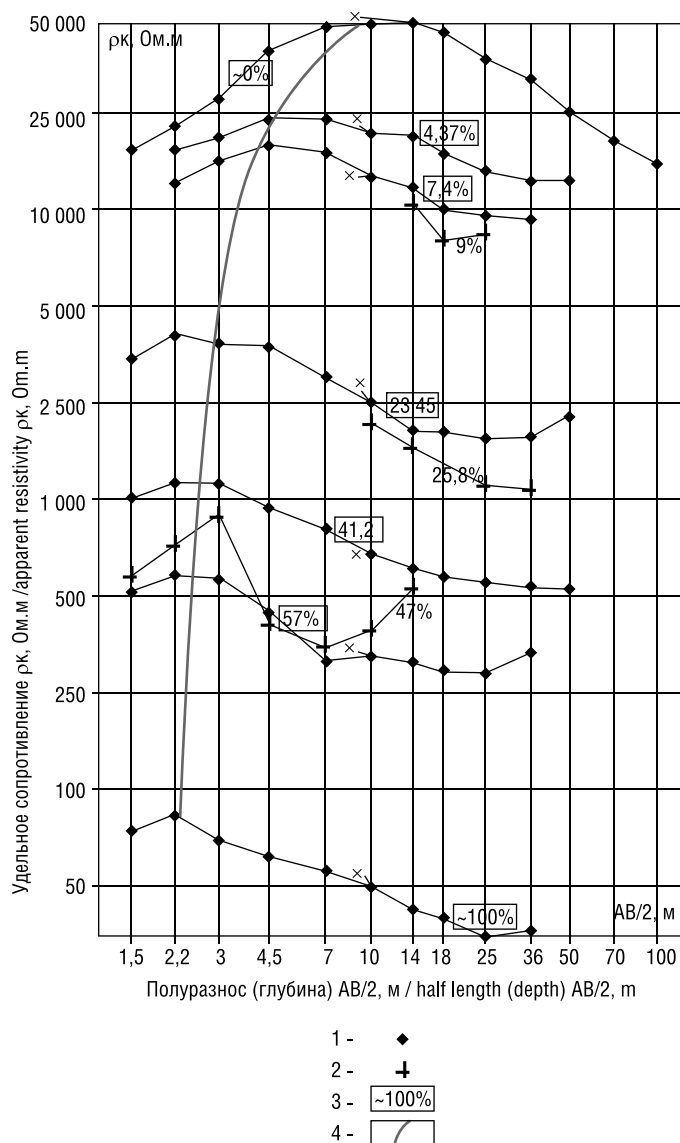


Рис. 2. Дифференциация данных ВЭЗ в зависимости от степени глинизации известняка в объеме изучаемого блока / Fig. 2. Differentiation of vertical electrical sounding data depending on the degree of limestone clay formation in the volume of the studied block.

AB/2 - глубинность измерения, м / AB/2 - depth of measurement, m; ρ_k - кажущееся сопротивление, Ом·м / ρ_k - apparent resistivity, Ом·м.

Условные обозначения / Symbols:

1 - точки сопротивления ρ_k , измеренные на блоках равномерной «засоренности» / apparent resistivity points measured on blocks of uniform «clogging»; 2 - точки сопротивления ρ_k , измеренные на блоках, представляющих «кусочно-однородную» среду / resistivity points measured on blocks representing a «piecewise homogeneous»; 3 - степень глинизации в объеме измеряемого блока, % / the amount of impurity clay material in the volume of the measured block, %; 4 - глубины в изучаемых блоках, разделяющие разрыхленные слои ПИ от воздействия БВР и монолитный природный массив в связи с «глинизацией» / graph of the relationship of the «glinization» of the studied block with the depth of the boundary separating the loosened mineral layer from the impact of the explosion and the monolithic natural massif.

нистого материала, так и возможной в твердой среде CaCO_3 земельной формы Al_2O_3 , расчетами по уравнению (1) была составлена тарифовочная зависимость сопротивления от ко-

личества примесей, получающая фундаментальное значение для продуктивных массивов Чаньвинского месторождения.

Результаты исследований

Всего на изучаемых площадях Чаньвинского месторождения выполнены измерения на 4-х магистральных профилях, в количестве 16 зондирований (ВЭЗ) и 22 ПСГ. В ходе опытных локальных обмеров 22-х блоков максимум глинизации, в 70-82%, зафиксирован на коротких, линейных участках в 12-18 м. В крупнейших, линейно-глубинных зонах ПВСГ максимум глинизации, на полную глубину блока, установлен в 57%. В соответствии с методикой данные ВЭЗ на блоках различающегося состава включены в серию эталонных графиков малых и экстремальных уровней загрязнения глинами (рис. 2).

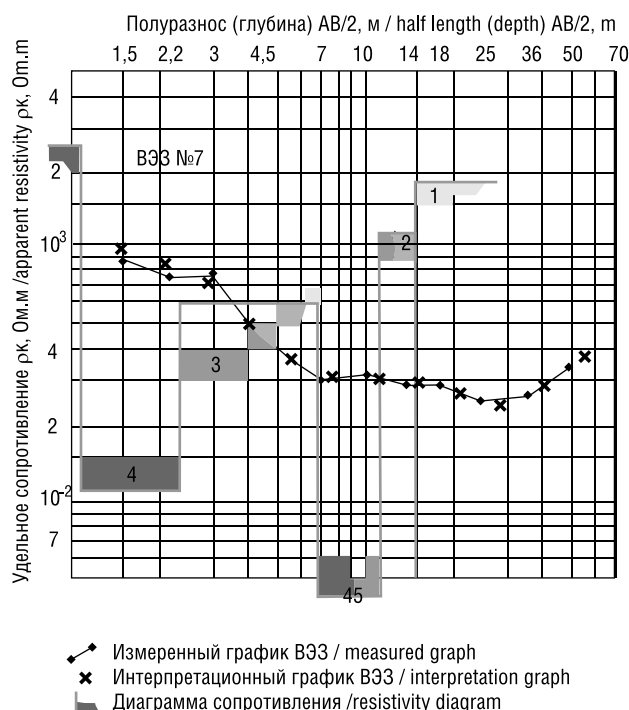
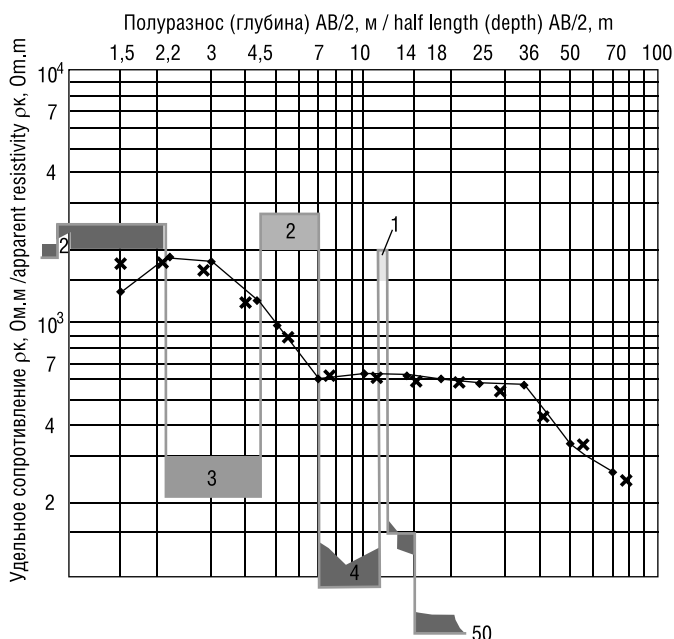


Рис. 4. Примеры литологической интерпретации ВЭЗ / Fig. 4. Examples of lithological interpretation of electrical sensing.

На рис. 2 графики ВЭЗ (8 шт.) расположены сверху вниз по мере роста глинизации, соответствующие точкам зондирования на плане № 5, 1, 6, 2, 8, 4, 3 и 7.

По результатам электрометрических обмеров массива месторождения, на протяженных профильных линиях, и интерпретации измерений, карта засорения блоков на площади 191 тыс. м² с детальностью изолиний глинизации 5%, сделан погоризонтный (гор. +225, +235 и +245 м) прогноз качества известняков на площадях ведения горных работ. На рис. 3 (см. цветную вклейку стр. 28) представлен погоризонтный план карьера с нанесенными зонами ПИ с разной степенью засоренности глинистыми и некондиционными материалами.

Установлено, что высокое качество известняков в массиве соответствуют известнякам, размешенным в пределах восточного участка гор. + 225 м. Западный участок гор. + 225 м углублен, а ухудшение качества известняков на этом участке связано с тем, что продуктивная рифогенная фация здесь контактирует с илистой фацией, практически не кондиционной. Гор. + 245 м практически смыкается с осадочными породами вскрыши. Предел засоренности, более 25% содержания глины, превышен на площади 61,7 тыс. м³ (~32,4 % объема измеряемого массива), горная масса оценивается в 3,38 млн. т. По данным ВЭЗ в разрезах выделены 4-е слоя глинизации, с 1-го по 4-й слой, с содержанием глины, соответственно 1, 20, 2, 50 и 90% (рис. 4).

В табл. 2 представлен прогноз засоренности рабочих горизонтов глинистыми материалами на 3-х летний период добычных работ.

На основе полученных данных построены разрезы массива участков зон ПВСГ взрывных блоков, установлено, что в встающих срезам по блоку к чистому известняку примыкают слои низкого засорения (содержание глины до 25%) с дальнейшим налеганием высокоглинистых слоев, с содержанием глины более 25% (рис. 5, см. цветную вклейку стр. 28).

Оценка строения и структуры взорванного известняка в развале производилась на основе моделирования физико-механических свойств смесей «известняк-глина», исходя из выявленной геометрии «разрыхление-монолит», с учетом гигроскопичности и плотности (3,107 т/м³) глин при росте их содержания от 1% до 90% от 1-го к 4-му слою.

Такое чередование слоев 1→2→3→4 направленно изменяет свойства от упругой твердо-монотонной структуры чистого известняка до пластичной текстуры геоматериала, начиная с бетонизации глинами. Уплотнение (2,57→2,66→2,83→3,05 т/м³), увлажнение и вязкость – факторы поглощения энергии взрыва, понижения скоростей сейсмических волн [5, 10, 16]. В ходе БВР рабочие уступы (высота 15 м) получают механические изменения, где разрыхление, в откосах и по вертикали от кровли, изменяется в интервале глубин 1,8-5,65 метров от поверхностей. Установленные линейно-угловые параметры строения блоков известняка послужили основанием расчетов количеств засоряющих включений, выходящих при БВР от плоскостей расщепления контактов по методу треугольников (методика ВНИИцветмет) [1, 2, 17]. Особенности геометрии – лежание контакты слоев относительно откосов рабочих уступов (рис. 6).

Таблица 2 / Table 2

Прогноз распределения между рабочими горизонтами участков с различной степенью загрязнения глиной / Forecast of distribution between working horizons of sites with varying degrees of clay contamination.

Содержание глинистого материала / Content of clay material	Площадь засоренных участков, тыс. м ² / The area of clogged plots	Распределение по горизонтам чистых и засоренных участков, % / Horizontal distribution of clean and clogged areas			
		+225 м	+235 м	+245 м	Всего / Total
от 0% до 5%	23,7	63,7	36,3	-	100
От 5% до 15%	60,4	72,9	27,1	-	100
от 15% до 25%	45,1	52,1	34,7	13,1	100
от 25% до 40%	37,4	72,2	1,3	26,5	100
от 40% до 60%	24,5	52,4	-	47,6	100
Итого / Total:	191,1	-	-	-	-

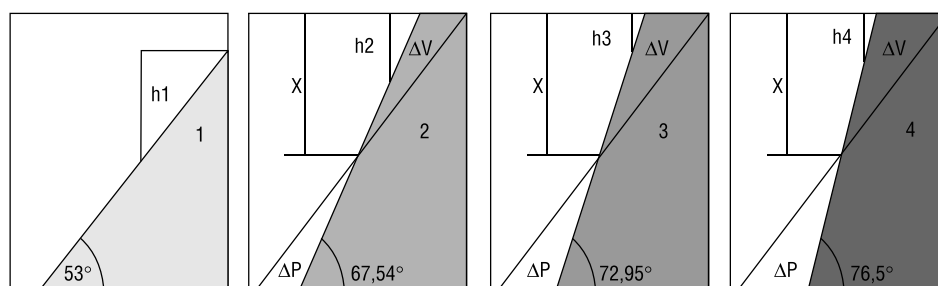
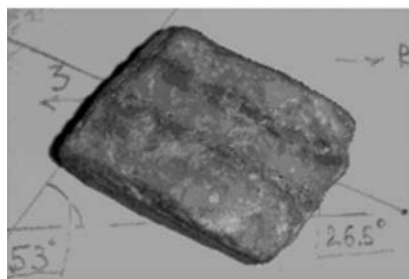


Рис. 6. Углы падения контактов слоев и плоскостей отрыва известняка от массива взрывом/ Fig. 6. Angles of incidence of contacts of layers and planes of limestone separation from the massif by explosion.

1 - слой с содержанием глины 1% / layer with clay content 1%; 2 - слой с содержанием глины 20,2% / a layer with a clay content of 20.2%; 3 - слой с содержанием глины 50% / a layer with a clay content of 50%; 4 - слой с содержанием глины 90% / a layer with a clay content of 90%.

Величина объема разубоживающего (засоряющего) глинистого материала ΔP , в слоях 2, 3, 4 (см. рис. 6), и объема части массива ΔV , который не примешивается к взорванному известняку, рассчитываются по следующим уравнениям [17]:

$$\Delta P = \frac{(H - \frac{X}{2})^2}{2} (\operatorname{ctg} \beta_1 - \operatorname{ctg} \beta_{2,3,4}), \quad (7)$$

$$\Delta V = \frac{X^2}{2} (\operatorname{ctg} \beta_1 - \operatorname{ctg} \beta_{2,3,4}), \quad (8)$$

где H — высота уступа (блока), м; X — высота треугольника, м; β_{1-4} — углы рабочих уступов (индексы соответствуют номерам слоев), град.

Углы рабочих уступов β_{1-4} вычислены при интерпретации графиков ВЭЗ (см. рис. 2). На рис. 2 мера упруго-пластических изменений — глубина подошвы разрыхления (мощность 2-го слоя ВЭЗ) понижается и составляет для $h_1 = 5,65$ м, $h_2 = 3,1$ м, $h_3 = 2,3$ м, и $h_4 = 1,8$ м.

Глинизация (степень глинизации) в исходном взрывном блоке определяется следующим выражением:

$$\sum K = m_1 \times C_2^1 + m_2 \times C_2^2 + m_3 \times C_2^3 + m_4 \times C_2^4, \quad (9)$$

где m_{1-4} — вертикальные мощности слоев 1-4, м; C_2^{1-4} — содержание глины в слоях 1-4, %.

Расчетные величины степени глинизации взрывного блока по его измеренным электрометрией параметрам представлены в табл. 3.

Таблица 3 / Table 3

Расчетная величина степени глинизации взрывных блоков / The calculated value of the degree of clay formation of explosive blocks.

№ модели блока / Block model №	Степень глинизации, % / Degree of glycation, %	Вертикальные мощности слоев модели X^* , м / Vertical capacities of the model layers, m	Углы уступов β_{1-4} , град / Angles of ledges β_{1-4} , deg
1	0,2	$X=3,755$	53°
2	0,73(3)	$X=10,247$	53°
3	2,306	$X=1,0204$	$67,54^\circ$
4	6,76	$X=4,5$ $X_1=9,969$	$67,54^\circ$
5	10,6	$X=9,9186$	$67,54^\circ$
6	20,445	$X=2,1906$	$72,95^\circ$, $67,54^\circ$
7	34,84	$X=3,0756$ $X_1=7,4117$	$72,95^\circ$, $67,54^\circ$
8	52,988	$X=3,0756$ $X_1=1,5186$	$72,95^\circ$, $67,54^\circ$
9	63,225	$X=3,0756$ $X_1=8,8334$	$72,95^\circ$, $67,54^\circ$
10	70,67	$X=5,32123$	$76,5^\circ$, $72,95^\circ$

* - представлены на литологической модели отрабатываемых блоков (см. рис. 7) /

* - presented on the lithological model of the blocks being worked out.

Литологические модели строения взрывных блоков участка Чаньвинского месторождения известняков с различной степенью глинизации 0,2 ÷ 70,67% представлены на рис. 7.

На рис. 7, в блоке со степенью глинизации 2,306 % высота треугольника $X = 1,0204$ м составляет максимальную мощность слоя № 2 (20,2 % глины), при которой засорение взорванного известняка в развале составит предельное значение нормы фабрики в 5 %. В блоке глинизации 20,445 % (модель 6) $X = 2,1906$ м — максимальная мощность слоя № 3 (50% глины), при которой весь развал формируется материалом 2-х сортов: с равенством засорения 5% (подается на фабрику) и 25% (отправляется на механическую очистку КОИ). В блоках с ростом глинизации 34,84, 52,988, 63,225 и 70,67% увеличиваются площади проекций объемов разубоживания ΔP , выходящих в развал из суммы наиболее глинистых слоев № 3 и № 4. Соответствующие модели 7, 8, 9, 10 (рис. 7) дают наглядные представления о том, как непосредственно связано исходное строение зон «известняк-глина» и формирование в развалах разубоженной горной массы с содержанием глины более 25%, предназначенной к вывозу в отвал непосредственно из забоев.

Анализ данных латеральных и глубинных распределений измеряемой электропроводности позволил выделить фациально-тектонического генезис, как единственную версию происхождения загрязняющих объемов глины в трещинной области минеральных скелетов известняков. Действие водных растворов и привноса вещества глины, как правило, приводит к наличию существенных объемов примесей в виде земельных фаз. Была исключена версия образования зон повышенного и высокого содержания глины ПВСГ за счет суффозионных карстовых процессов. Выявленные литолого-структурные параметры послужили основанием вычисления состава рудной массы в развале (рис. 8).

Таким образом, решены задачи по оценке качественного состава, добываемого в зонах ПВСГ известняка, определению объемов его разубоживания в результате примешивания к чистому известняку глинистого материала при проведении БВР и потерь кондиционного известняка в результате сверхнормативного загрязнения глиной.

На 3-х летний период добычных работ Чаньвинского месторождения (~ 10,4 млн. т горной массы) по данным электрометрии установлено, что в границах взрывных блоков объем чистого известняка (CaCO_3) составляет 79,04 %, а засоряющего глинистого материала 20,96 % (см. рис. 3 на цветной вклейке стр. 28). При этом, для распределенных в естественном залегании известняков слоев 1 (1 % глины), 2 (20,2 % глины) и даже части слоев 3 и 4 (50 % и 90 % глины), нет оснований автоматически относить их к потерям, поскольку крупные карты глинизации массива не в полной мере отражают реальный продуктивный потенциал залежей в условиях применяемой технологии добычи. Моделью показано (см. рис. 7 и 8) что, процессы и механизмы БВР участвующие в формировании составов рудной массы в развалах связаны с геометрическими параметрами структуры блоков и строения локальных фрагментов «известняк-глина».

Обсуждение результатов исследований

Разработанная методика: «интерпретация фотоснимков → обмеры блоков → модель массива и развалов → прогноз составов → оценка объемов кондиционного ПИ и засо-

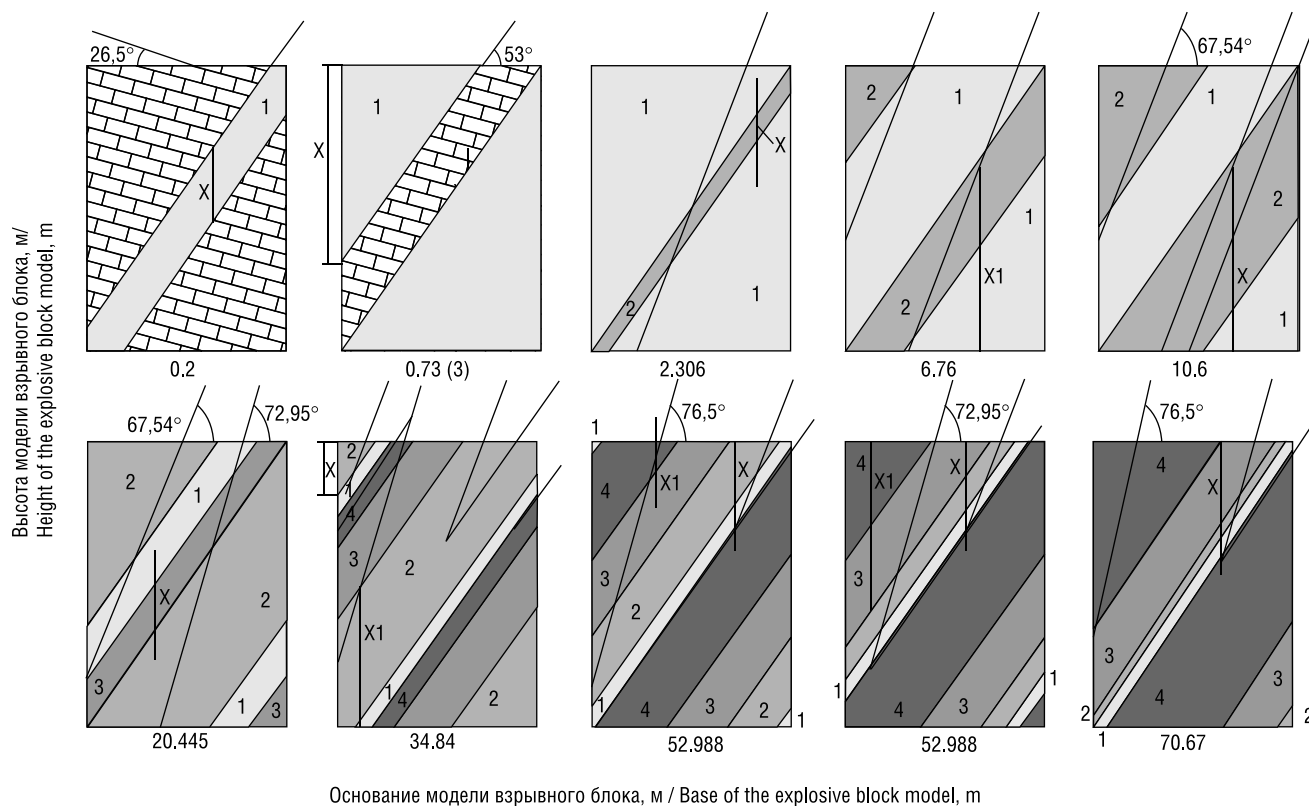


Рис. 7. Литологические модели взрывных блоков участка Чаньвинского месторождения известняков / Fig. 7. Lithological models of explosive blocks of the site of the Chanvinlimestone deposit.

X - вертикальные мощности слое в модели (высота треугольника) / vertical capacities of the model layers (height of the triangle); 1-4 - номера слоев с содержанием глины 1; 20,2; 50 и 90 % / the numbers of layers with a clay content of 1; 20,2; 50 and 90 %; от 0,2 до 70,67 - степень глинизации блока / the degree of glinization of the block.

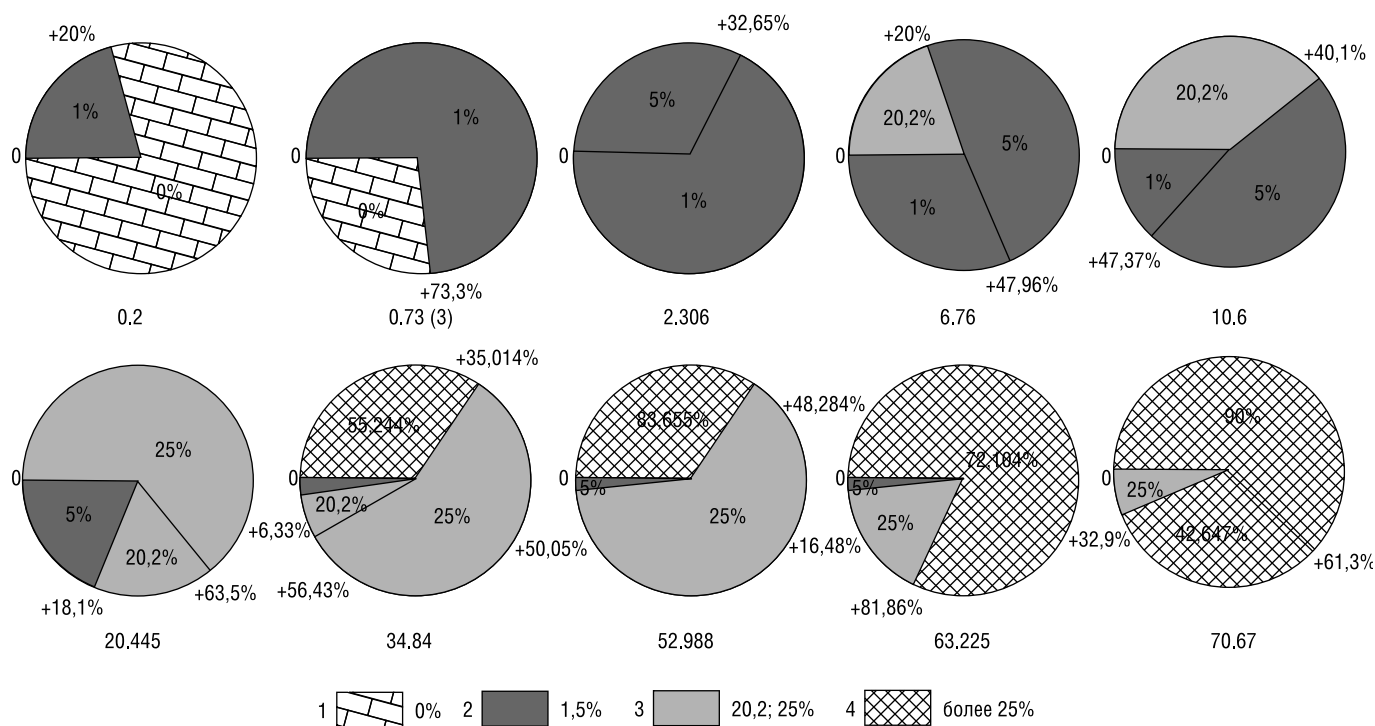


Рис. 8. Диаграммы степени глинизации взорванной рудной массы в зависимости от строения и глинизации взрывных блоков участка Чаньвинского месторождения известняков /

Fig. 8. Diagrams of the degree of clay formation of the exploded ore mass depending on the structure and clay formation of the explosive blocks of the site of the Chanvin limestone deposit.

ренной рудной массы», предложена для оценки объемов потерь и разубоживания рудной массы и осуществления текущего планирования горных работ в режиме управления качеством добываемого ПИ [10, 13]. Подсчет составов извлекаемого известняка выполнен для условий его естественного залегания и сплошности массивов при отсутствии суффозии и карста.

Анализ снимков развалов зон ПВСГ позволил установить, что известняк оцениваемых участков месторождения сверху перекрыт «разбивом» глинистых слоев. Объект разубоживания в развале слабо различим, его геологическое наклонение изменено. Эту часть необходимо подсчитать, поскольку она вывозится в отвал. Изучению подлежат объемы, пригодные для использования в качестве сырья и учитываемые в подсчетах моделирования структуры массива.

Электрометрическими измерениями массива выявлена типичность слоевого строения фациально-тектонического генезиса, являющаяся основой для учета его упруго-пластических свойств. Объем разубоживания ΔP и части массива ΔV (см. рис. 6, ф. 7-8), не попадающей в развал при производстве БВР, представляют треугольники со смежными острыми углами. Это дает возможность интерпретации состава добываемого ПИ на основе подсчетов засоряющего объема ΔP , примешиваемого к развалам ПИ при проведении БВР от глинистых слоев № 2, 3, 4 участка блока с меньшим засорением [6, 11, 13, 18-20].

Предложенные формулы оценки известняка для химического производства позволяют предусмотреть учет изменений геологической обстановки за счет корректировки расчетных параметров:

- ✦ наклонений напластования и генеральных плоскостей эндогенных трещин;
- ✦ ожидаемых примесей глин и субстанций земельных окислов;
- ✦ карстов, включая вероятный литологический тип, у восточного борта [16, 13, 21-23].

Установленная связь засорения блоков и состава развалов представлена на рис. 9.

Заключение

Разработаны методологические подходы по нормированию потерь и разубоживания ПИ сложноструктурных месторождений. Установлены петрофизические параметры известняка в массиве, что позволяет оценивать его засоренность в зависимости от степени глинизации известняка в объеме изучаемого блока, сортовой

Предложены алгоритмы получения информации о структуре строения обрабатываемого участка месторождения на основе оксид-метрической интерпретации геофизических данных.

Предложенная методика вещественной оценки ПИ в массиве позволяет прогнозировать структуру взорванной горной массы для выделения загрязненных участков при се-

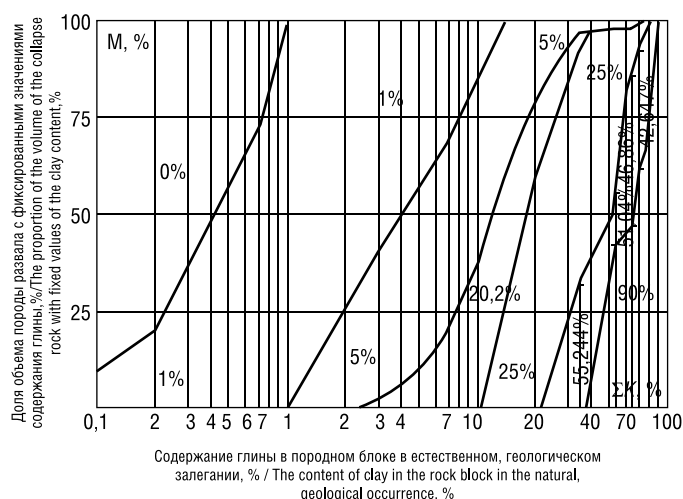


Рис. 9. Номограмма связи глинизации развалов М и блоков массива ΣК /
Fig. 9. Nomogram of the connection of the clay formation of the ruins and blocks of the array

Фиксированные значения содержания глины - 0%; 1%; 20,2%; 42,6%; 55,2% и 90 % / Fixed values of clay content - 0%; 1%; 20,2%; 42,6%; 55,2% and 90%.

лективной разработке забоя. На примере изучения Чаньвинского месторождения известняка методика показала свою эффективность для информационного обеспечения управления запасами и качеством минерального сырья по сравнению с традиционными результатами геохимических и петрофизических методов и подходов.

Выводы

1. В статье на основе электрометрических измерений массива и моделирования формирования развала взорванной горной массы на примере Костанокского участка Чаньвинского месторождения известняка (Пермский край), предложена методика изучения сложноструктурных массивов минерального сырья, приведены результаты вещественной и сортовой оценки балансовых запасов известняка крупного месторождения.

2. В результате 2-х стадийного подхода, включающего обмеры массива пород и моделирование развалов, установлено, что геологической причиной глинизации является фациально-тектонический генезис, в противоположность, карстологической версии привноса глин растворами. Закономерная при этом пространственная и постректурная изменчивость упруго-пластических свойств послужила основой прикладных вычислений, оригинальных в постановке задач моделирования и последовательности оценки.

3. Результаты исследования рекомендуется использовать при оценке степени засорения ПИ сложноструктурных месторождений. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшин Н.С. Пути снижения потерь и разубоживания руды при открытой разработке рудных тел /Н. С. Лапшин// Новая наука: стратегии и векторы развития. - 2016. - № 6-1 (88). - С. 31-34.
2. Фомин С. И. Оптимизация потерь и разубоживания руды при открытой разработке сложноструктурированных карбонатных месторождений /С. И. Фомин, Чанг Динь Бао// Маркшейдерия и недропользование. - 2016. - № 2 (82). - С. 58-60.

3. Kogel J.E. Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets, and Uses /J.E.Kogel, C.T. Nikhil, J.M. Barker, S.T. Krukowski// - Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME), 2006. -1548 p.
4. Курчин Г.С. Методические основы нормирования потерь и разубоживания при добыче с учетом влияния на технологические показатели при обогащении /Г.С. Курчин, К.Е. Ананенко, И.В. Прокопьев, А.Н. Кирсанов// Маркшейдерия и недропользование. - 2017. - № 6 (92). - С. 55-59.
5. Кудряшов А. И. Чаньвинское месторождение известняков /А.И. Кудряшов, В.И. Фомин, В.П. Колесников// Пермь, 1999. - 82 с.
6. Тимохин А. В. Петрофизические основы применения электрометрии на карбонатных массивах бокситовых месторождений (ОАО «СУБР») и магнезитовых месторождений (ОАО «Комбинат Магнезит») /А.В. Тимохин, Ю.В. Лаптев// Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2007. - № 3. -С. 267-271.
7. Дортман Н.Б. Петрофизика: Справочник. В трех книгах. Книга первая. Горные породы и минералы /Под ред. Н.Б. Дортмана// М.: Недра, 1992. - 361 с.
8. Соколов Д.С. Основные условия развития карста /Д.С. Соколов// М.: Госгеолтехиздат, 1962. - 322 с.
9. Trewin N.H. Lake-level changes, sedimentation and faunas in a Middle Devonian basin-margin fish bed /N.H. Trewin, R.G. Davidson// Journal of the Geological Society. - 1999.- № 156 (3). - pp.535-548.
10. Frank U. Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges /U. Frank// Software & Systems Modeling. - 2014. - Vol. 13. - № 3 - pp.941-962.
11. Кантемиров В.Д. Совершенствование методов учета повышенных потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче /В.Д. Кантемиров, Р.С. Титов, А.В. Тимохин, А.М. Яковлев// Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2020. - № 3-1. - С. 466-477.
12. Шатов А.А. Возможности утилизации отходов содового производства /А.А. Шатов, М.А. Дрямина, Р.Н. Бадердинов// Химия для устойчивого развития. - 2004. - № 12. - С. 565- 571.
13. Лаптев Ю.В. Геометризация оруденений на основе электрометрии (на примере огнеупоров и бокситов) /Ю.В. Лаптев, А.В. Тимохин, Р.С. Титов, А.М. Яковлев// Известия вузов. Горный журнал. - 2012.- №6.- С. 94-102.
14. Овчинников И.К. Теория поля /И.К.Овчинников// М.: Недра, 1978. - 327 с.
15. Семенов А.С. Влияние структуры на сопротивление агрегатов /А.С. Семенов// Материалы ВСЕГЕИ. Геофизика. - 1948. - № 12. - С. 43-61.
16. Кантемиров В.Д. Оценка засоренности известнякового массива методами электроразведки /В.Д. Кантемиров, А.В. Тимохин, Р.С. Титов// Маркшейдерия и недропользование. - 2018. - № 2. - С. 21-31.
17. Байков Б.Н. Снижение потерь и разубоживания руд в карьерах цветной металлургии /Б.Н. Байков// М.: Недра, 1977. - 296 с.
18. Шуй Р.Т. Полупроводниковые рудные минералы /Р.Т. Шуй// Л.: Недра, 1979. - 288 с.
19. Wright V.P. A revised Classification of Limestones /V.P. Wright// Sedimentary Geology. - 1992. - № 76 (3-4). -pp.177-185.
20. Маракушев А.А. Метаморфическая петрология /А.А. Маракушев, А.В. Бобров// М.: Изд-во МГУ, Наука, 2005. - 256 с.
21. Matthews T. Impoverishment and ore loss projections: Strategies and considerations /T. Matthews// SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference. Mining: Navigating the Global Waters: Denver., United States. - 2015. - pp.529-532.
22. Leuangthong O. Solved Problems in Geostatistics /O. Leuangthong, K. D. Khan, C. V. Deutsch//Wiley-Interscience, 2008. - 207 p.
23. Hyongdoo J. Decision support system of unplanned dilution and ore-loss in underground stoping operations using a neuro-fuzzy system /J. Hyongdoo, E. Topal, Y. Kawamura// Applied Soft Computing. - 2015. - Vol. 32. - pp. 1-12.

REFERENCES

1. Lapshin N.S. Puti snizheniya poter' i razubozhivaniya rudy pri otkrytoj razrabotke rudnyh tel /N.S. Lapshin// Novaya nauka: strategii i vektory razvitiya. - 2016. - № 6-1 (88). - S. 31-34.
2. Fomin S.I. Optimizaciya poter' i rubozhivaniya rudy pri otkrytoj razrabotke slozhnostrukturirovannyh karbonatnyh mestorozhdenij /S.I. Fomin, CHang Din' Bao// Markshejderiya i nedropol'zovanie. - 2016. - № 2 (82). - S. 58-60.
3. Kogel J.E. Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets, and Uses /J.E. Kogel, C.T. Nikhil, J.M. Barker, S.T. Krukowski// - Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME), 2006. - 1548 p.
4. Kurchin G.S. Metodicheskie osnovy normirovaniya poter' i razubozhivaniya pri dobyche s uchetoм vliyaniya na tekhnologicheskie pokazateli pri obogashchenii /G.S. Kurchin, K.E. Ananenko, I.V. Prokop'ev, A.N. Kirsanov// Markshejderiya i nedropol'zovanie. - 2017. - № 6 (92). - S. 55-59.
5. Kudryashov A.I. CHan'vinskoe mestorozhdenie izvestnyakov /A.I. Kudryashov, V.I. Fomin, V.P. Kolesnikov// - Perm', 1999. - 82 s.
6. Timohin A.V. Petrofizicheskie osnovy primeneniya elektrometrii na karbonatnyh massivah boksitovyh mestorozhdenij (OAO «SUBR») i magnezitovyh mestorozhdenij (OAO «Kombinat Magnezit») /A.V. Timohin, YU.V. Laptev// Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. - 2007. - № 3. - S. 267-271.
7. Dortmana N.B. Petrofizika: Spravochnik. V trekh knigah. Kniga pervaya. Gornye porody i mineraly /Pod red. N.B. Dortmana// - M.: Nedra, 1992. - 361 s.
8. Sokolov D.S. Osnovnye usloviya razvitiya karsta /D.S. Sokolov// - M.: Gosgeoltekhizdat, 1962. - 322 s.
9. Trewin N.H. Lake-level changes, sedimentation and faunas in a Middle Devonian basin-margin fish bed /N.H. Trewin, R. G. Davidson// Journal of the Geological Society. - 1999. - № 156 (3). - P.535-548.
10. Frank U. Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges /U. Frank// Software & Systems Modeling. - 2014. - Vol. 13. - № 3 - P. 941-962.
11. Kantemirov V.D. Sovershenstvovanie metodov ucheta povyshennyh poter' i razubozhivaniya poleznyh iskopaemyh pri dobyche /V.D. Kantemirov, R.S. Titov, A.V. Timohin, A.M. YAKovlev// Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. - 2020. - № 3-1. - S. 466-477.

12. SHatov A.A. Vozможности utilizatsii othodov sodovogo proizvodstva /A.A. SHatov, M.A. Dryamina, R.N. Badertdinov// Himiya dlya ustojchivogo razvitiya. - 2004. - № 12. - S. 565- 571.
13. Laptev YU.V. Geometrizatsiya orudenenij na osnove elektrometrii (na primere ogneporov i boksitov) /YU. . Laptev, A.V. Timohin, R.S. Titov, A.M. YAKovlev// Izvestiya vuzov. Gornyj zhurnal. - 2012.- №6.- S. 94-102.
14. Ovchinnikov I.K. Teoriya polya /I.K.Ovchinnikov// - M.: Nedra, 1978. - 327 s.
15. Semenov A.S. Vliyanie struktury na soprotivlenie agregatov /A.S. Semenov// Materialy VSEGEI. Geofizika. - 1948. - № 12. - S. 43-61.
16. Kantemirov V.D. Ocenka zasorennosti izvestnyakovogo massiva metodami elektrorazvedki /V.D. Kantemirov, A.V. Timohin, R.S. Titov// Markshejderiya i nedropol'zovanie. - 2018. - № 2. - S. 21-31.
17. Bajkov B.N. Snizhenie poter' i razubozhivaniya rud v kar'erah cvetnoj metallurgii /B.N. Bajkov// - M.: Nedra, 1977. - 296 s.
18. SHuj R.T. Poluprovodnikovye rudnye mineraly /R.T. SHuj// - L.: Nedra, 1979. - 288 s.
19. Wright V.P. A revised Classification of Limestones /V.P. Wright// Sedimentary Geology. - 1992. - № 76 (3-4). - P. 177-185.
20. Marakushev A.A. Metamorficheskaya petrologiya /A.A. Marakushev, A.V. Bobrov// - M.: Izd-vo MGU, Nauka, 2005. - 256 s.
21. Matthews T. Impoverishment and ore loss projections: Strategies and considerations /T. Matthews// SME Anual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference. Mining: Navigating the Global Waters: Denver., United States. - 2015. - P. 529-532.
22. Leuangthong Oy. Solved Problems in Geostatistics /Oy. Leuangthong, K. D. Khan, C. V. Deutsch// Wiley-Interscience, 2008. - 207 p.
23. Hyongdoo J. Decision support system of unplanned dilution and ore-loss in underground stoping operations using a neuro-fuzzy system / J. Hyongdoo, E. Topal, Y. Kawamura// Applied Soft Computing. - 2015. - Vol. 32. - P. 1-12.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Тимохин Александр Владимирович:
научный сотрудник,
лаборатория Управления качеством минерального сырья,
Институт горного дела УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: timohin.igduran.geo@mail.ru,
ORCID0000-0003-1246-0672

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Timokhin Aleksandr Vladimirovich:
researcher,
Laboratory of Quality Management of Mineral Raw Materials,
Institute of Mining,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russia,
e-mail: timohin.igduran.geo@mail.ru,
ORCID 0000-0003-1246-0672



Кантемиров Валерий Данилович:
кандидат технических наук,
заведующий лабораторией,
лаборатория Управления качеством минерального сырья,
Институт горного дела УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: ukrkant@mail.ru,
ORCID0000-0001-6486-2740

Kantemirov Valery Danilovich:
Ph.D.,
Quality management laboratory chief,
Institute of Mining of Ural branch of RAS,
Yekaterinburg, Russia,
e-mail: ukrkant@mail.ru,
ORCID0000-0001-6486-2740



Титов Роман Сергеевич:
старший научный сотрудник,
лаборатория Управления качеством минерального сырья,
Институт горного дела УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: ukr07@mail.ru,
ORCID0000-0002-3569-2743

Titov Roman Sergeevich:
senior researcher,
Quality management laboratory chief,
Institute of Mining of Ural branch of RAS,
Yekaterinburg, Russia,
e-mail: ukr07@mail.ru,
ORCID0000-0002-3569-2743



Шаповаленко Василий Николаевич:
директор,
дирекция региональных работ и проектов освоения
ТПИ (твердые полезные ископаемые),
Холдинг «Росгеология»,
г. Екатеринбург, Россия,
e-mail: v.shapov@gmail.com

Shapovalenko Vasily Nikolaevich:
Director,
Directorate of Regional Works and Projects for the
Development of Solid Minerals,
Rosgeologiya Holding,
Yekaterinburg, Russia,
e-mail: v.shapov@gmail.com

БЛАГОДАРНОСТИ/ ACKNOWLEDGMENTS:

Авторы выражают особую признательность и большую благодарность своим коллегам из лаборатории управления качеством минерального сырья ИГД УрО РАН, а также коллективу редакции «Маркшейдерия и Недропользование» за поддержку и помощь в написании и оформлении статьи / The authors express special gratitude and great gratitude to their colleagues from the Laboratory of Mineral Raw Materials Quality Management of the IGD Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, as well as to the editorial staff of «Surveying and Subsoil Use», for their support and assistance in writing and formatting the article.

Работа выполнена в рамках НИР Тема 1 «Методологические основы стратегии комплексного освоения запасов месторождений твердых полезных ископаемых в динамике развития горнотехнических систем» (FUWE-2022-0005), рег. №1021062010531-8-1.5.1. / Methodological foundations of the strategy of integrated development of reserves of solid mineral deposits in the dynamics of development of mining systems (FUWE-2022-0005), reg. №.1021062010531-8-1.5.1.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА/CONTRIBUTION: Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей/The authors participated equally in the writing and collection of the material, as well as its processing.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ/CONFLICT OF INTERESTS: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interests.



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА

Информируем Вас

Свою непосредственную историю Губкинский университет ведет от нефтяного факультета Московской Горной Академии, созданной по Декрету ВСНХ от 4 сентября 1918 г. В 1920 г. на должность профессора Академии был принят Иван Михайлович Губкин, а в 1922 г. он стал ее ректором. За 20-е гг. им было приложено много сил для начала формирования в стенах Академии высшего нефтяного образования.

В конце 20-х гг., когда страна вступила в период форсированной индустриализации, возникла острая потребность нефтяной промышленности в квалифицированных кадрах. В связи с этим 17 апреля 1930 г. Президиумом ВСНХ было принято решение расформировать Московскую Горную Академию имени т. Сталина и на ее основе создать шесть высших технических учебных заведений, в том числе – Московский нефтяной институт. Учитывая огромные заслуги академика Губкина в деле организации высшей школы по подготовке кадров для нефтяной промышленности, институту было присвоено имя Ивана Михайловича Губкина, а сам он был назначен первым его директором.

Факультеты:

- ◆ Факультет геологии и геофизики нефти и газа,
- ◆ Факультет разработки нефтяных и газовых месторождений,
- ◆ Факультет проектирования, сооружения и эксплуатации систем трубопроводного транспорта,
- ◆ Факультет инженерной механики,
- ◆ Факультет химической технологии и экологии, и др.

Контакты : 119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1
+7 (499) 507-88-88
com@gubkin.ru



WWW.N-GN.RU