

УДК 622.011

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ
СТЕПЕНИ ГЛАДКОСТИ ОТКОСОВ УСТУПОВ КАРЬЕРА
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ
С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЕГО УЧАСТКОВ**

**APPLICATION METHODOLOGY FOR QUANTIFYING THE DEGREE
OF SMOOTHNESS SLOPES SHOULDER CAREER TO IDENTIFY POTENTIALLY
DANGEROUS FROM THE POINT OF VIEW OF STABILITY OF ITS SITE**

**И.Б. Агарков¹, Н.А. Годовников²
I.B. Agarkov¹, N.A. Godovnikov²**

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

² ОАО «ВЮГЕМ», Россия, 308007, г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 86

¹ Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

² OJSC "VIOGEM", 86 B. Khmelnitsky, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: aib290590@rambler.ru

Ключевые слова: массив скальных пород, карьер, предельный контур, гладкость откосов, устойчивость, проблемные участки, прогнозирование.

Key words: solid rock, quarry, limiting contour smooth slopes, stability, problem areas, forecasting.

Аннотация. Изложена разработанная авторами компьютерная технология количественной оценки степени гладкости откосов уступов на предельном контуре карьера в массиве скальных пород. Доказана приуроченность деформаций уступов к участкам бортов карьера с низкими значениями этого параметра, на основе чего предложена методика выявления проблемных по устойчивости участков карьера на ранней стадии постановки его на предельный контур.

Resume. There is presented a computer technology developed by the authors for quantifying the degree of smoothness of the slopes ledges on career limiting circuit in the array of rocks. It is proved that the strain of ledges pit walls are confined to sites with low values of this parameter on the basis of which the technique of identifying problem areas for the stability of a career at an early stage of its putting at the limit circuit.

Введение

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых в массивах скальных пород постановка уступов карьера на предельный контур осуществляется, как правило, с применением технологии предварительного щелеобразования, обеспечивающей защиту контурного породного массива от разрушения силой взрыва в процессе отработки предконтурного блока горных пород. Ниже зоны гипергенной дезинтеграции массива горных пород степень гладкости откосов таких уступов, выраженная характером прослеживания на их поверхности следов контурных скважин, изменчива по простиранию уступов: от хорошей (следы скважин прослеживаются почти непрерывно, исключая верхнюю часть уступа высотой до 3–5 м – зону перебура взрывных скважин на вышележащем горизонте) до плохой (следов скважин не видно или они прослеживаются локально, а в целом преобладает угловато-ломаный профиль откоса, создаваемый разноориентированными стенками трещин, по которым он сформировался) (рис. 1).

Зачастую деформации уступов карьера приурочены к участкам, которые характеризуются слабовыраженными следами контурных скважин или практически их полным отсутствием. Как отмечено в работе А.В. Дунаева [2009] это явление не связано с какими-либо нарушениями технологии заоткоски, а имеет природную основу (массив горных пород как бы показывает свои проблемные с точки зрения устойчивости уступов участки) и поэтому с самого начала постановки уступов на предельный контур ниже зоны гипергенной дезинтеграции массива горных пород необходимо выделять и изучать такие участки с целью выявления факторов, обуславливающих деформации уступов (трещиноватость, напряженно-деформированное состояние массива и других) и разработки мероприятий по предотвращению деформаций.

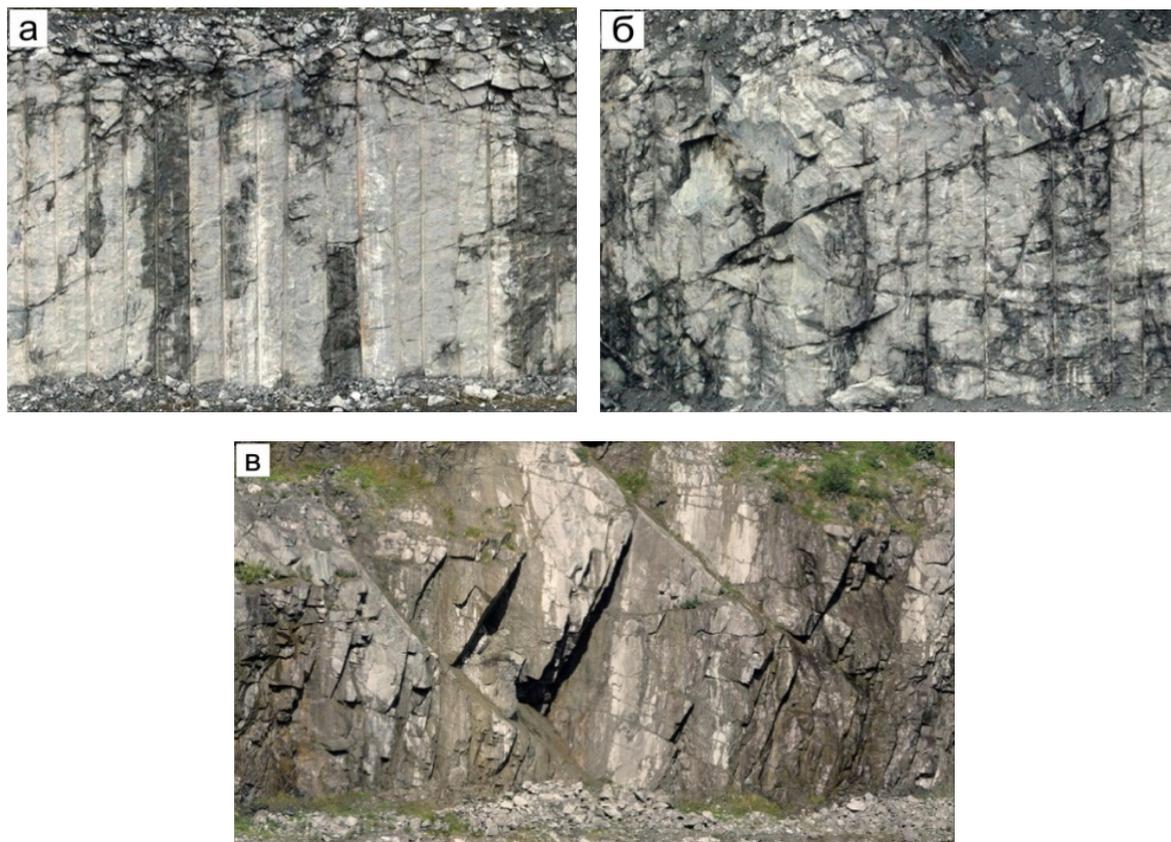


Рис. 1. Фотоснимки участков уступов карьера с различной степенью гладкости откосов, выраженной характером прослеживания контурных скважин (а – практически непрерывным, б – прерывистым, в – следы скважин отсутствуют)

Fig. 1. Photographs areas ledges careers with varying degrees of smoothness slopes pronounced contour tracking wells (а – almost continuous, б – intermittent, в – there are no traces of wells)

Методика исследования

В данной статье изложена разработанная авторами на примере карьера рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» методика установления позиции указанных выше проблемных участков, базирующаяся на дистанционной фиксации первичной информации в виде масштабированных фотопанорам бортов карьера и компьютерной технологии обработки этой информации с получением количественной оценки степени гладкости откосов уступов по периметру карьера.

Методика получения масштабированных фотопанорам бортов карьера и необходимая для этого аппаратура подробно описаны в статьях Е.Б. Яницкого и др. [2009] и И.Б. Агаркова и др. [2013]. Дальнейшая их обработка осуществляется с использованием созданной на базе горно-геологической ГИС ГЕОМИКС [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2004612469 ГИС ГЕОМИКС, 2004] специализированной ГИС Устойчивость [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014619048 ГИС Устойчивость, 2014] по следующему алгоритму (рис. 2). Сначала все уступы разделяются по их простиранию на секторы длиной 20 м и на каждом уступе оконтуривается область, ограниченная сверху разрушенной зоной перебура взрывных скважин, а снизу – осыпью неподобранной кусковатой взорванной горной массы. Далее в границах указанной области векторизуются следы скважин, а затем оконтуриваются участки их проявления (рис. 3). При этом верхние и нижние границы этих участков проводятся по соответствующим концам следов, а боковые на половине среднего значения расстояния между скважинами.

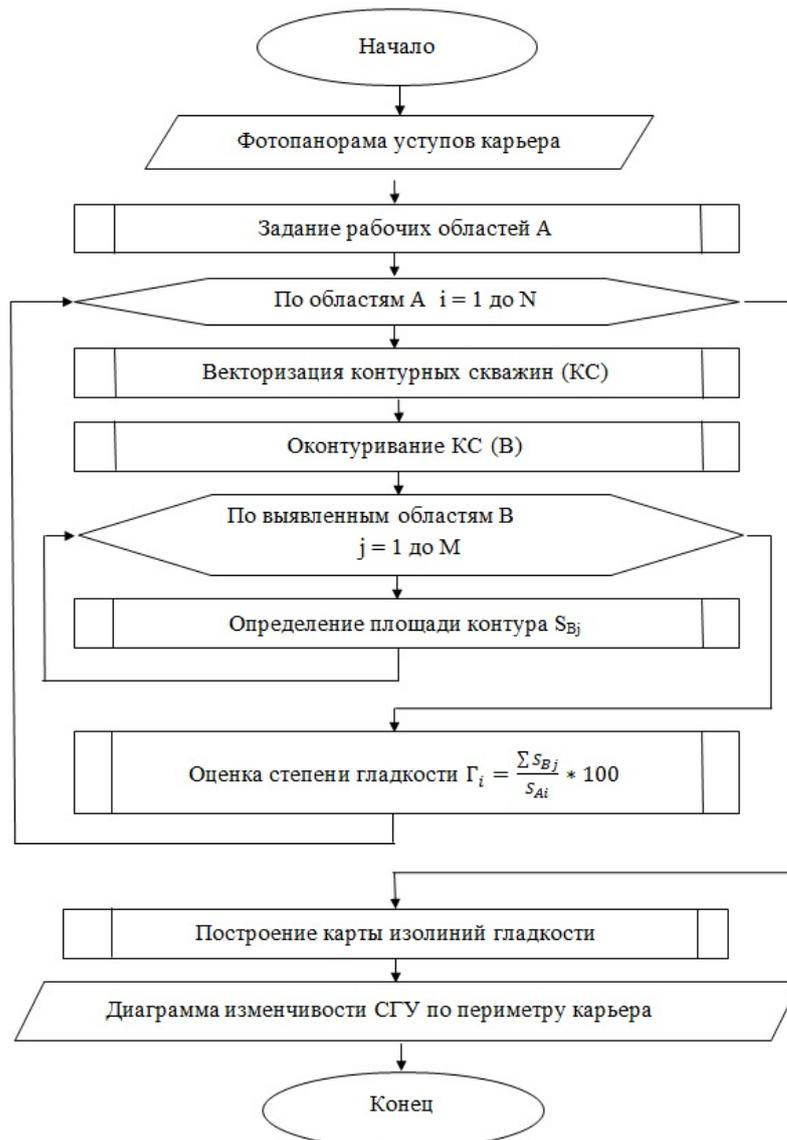


Рис. 2. Блок-схема алгоритма оценки степени гладкости откосов уступов, поставленных на предельный контур. Пояснение символов Γ , B , A дано в тексте
 Fig. 2. Flowchart assess the degree of smoothness slopes ledges, set a limit on the circuit. Explanation of symbols S , B , A are given in the text

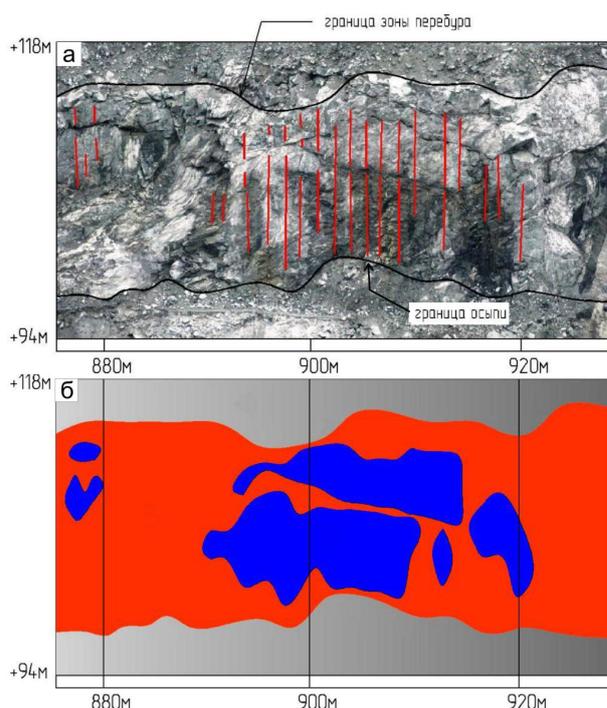


Рис. 3. Фрагменты обработанной фотопанорамы откоса уступа: а – на этапе векторизации следов контурных скважин (показаны черными линиями); б – на этапе оконтуривания участков проявления следов скважин (выделенные участки залиты черным цветом)
 Fig. 3. Fragments treated photopanoramas slope shoulder: a – at the stage of vectorization trace the contour holes (shown by black lines); b – at the stage of outlining areas manifestations traces wells (selected areas are filled with black color)



Затем по каждому 20-метровому сектору осуществляется расчет значений общей площади выделенной области и площадей оконтуренных участков со следами скважин. Эти значения, а также координаты x, y, z точки в центре каждого сектора на сводном маркшейдерском плане карьера, вносятся в базу данных (рис. 4), содержащую всю информацию, необходимую для дальнейшей реализации алгоритма (см. рис.2).

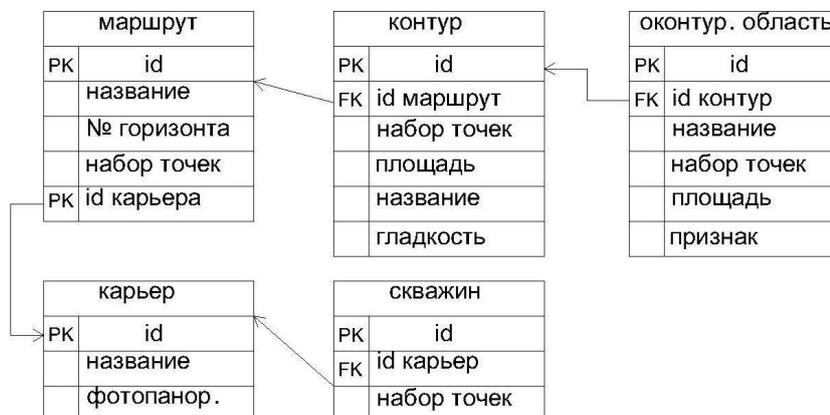


Рис. 4. Структура базы данных степени гладкости откосов уступов
 Fig. 4. The database structure of the degree of smoothness slopes ledges

По запросу к базе данных для каждого сектора производится расчет степени гладкости откосов уступов (Г, %) по формуле:

$$\Gamma = \frac{\sum_{i=1}^M S_{Bi}}{S_A} \times 100,$$

где $\sum S_{Bi}$ - сумма площадей участков со следами скважин, S_A - общая площадь сектора.

Полученные значения «Г» координатно привязываются к центру соответствующего сектора и вносятся в базу данных. Далее по запросу к ней автоматически строится сводный план карьера на его предельном контуре в изолиниях степени гладкости откосов. На рисунке 5 показаны фрагменты такого плана, на которых четко проявлена приуроченность свершившихся деформаций уступов к участкам западного, восточного и юго-восточного бортов карьера, характеризующихся низкими значениями степени гладкости откосов, и отсутствие деформаций в северном борту карьера, отличающимся высокими значениями указанного параметра.

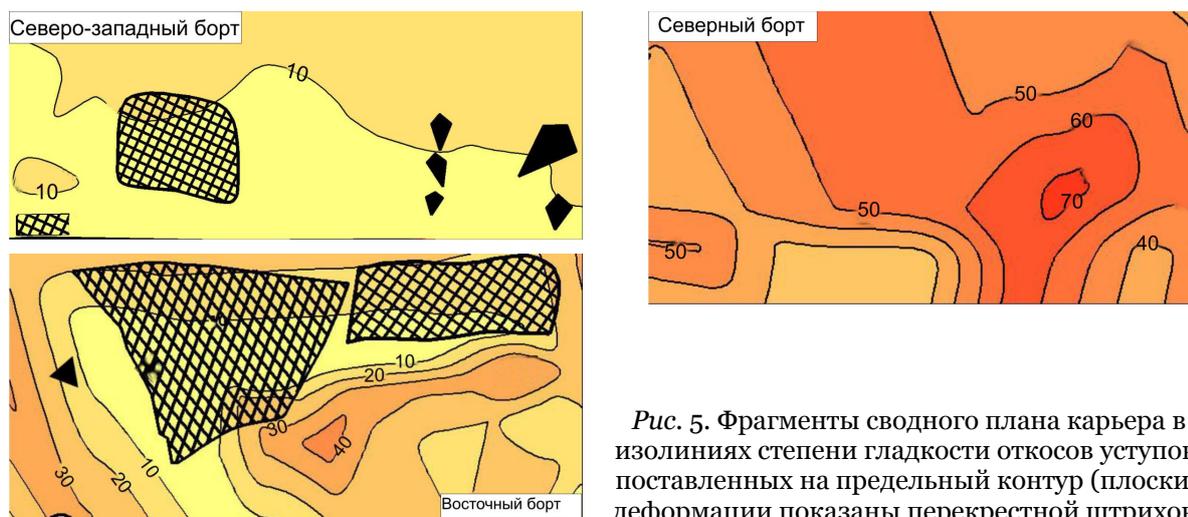
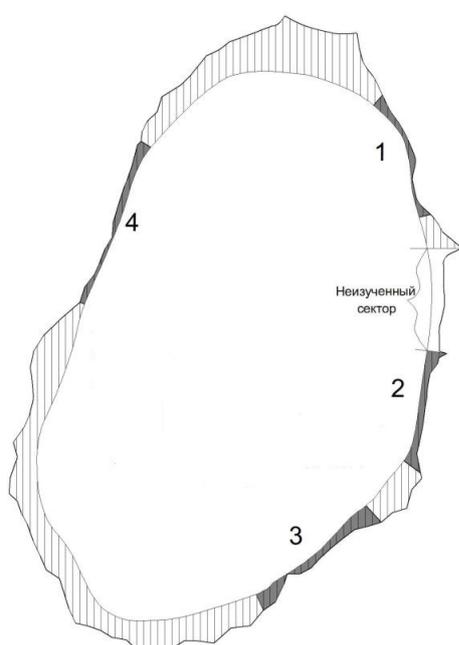


Рис. 5. Фрагменты сводного плана карьера в изолиниях степени гладкости откосов уступов, поставленных на предельный контур (плоские деформации показаны перекрестной штриховкой, клиновые – черным цветом)

Fig. 5. Fragments of the combined plan for a career in isolines degree of smoothness slopes ledges, set a limit on the circuit (planar deformation shows cross-hatching, wedge – black)

Результаты исследования

Интегральную картину поведения этого параметра отражает диаграмма его изменчивости по периметру карьера (рис. 6) в виде линейного графика. Для ее построения находят среднее значение степени гладкости откосов по каждому 20-метровому сектору, включающему все уступы от нижней границы зоны гипергенной дезинтеграции горных пород до верхней границы рабочей зоны карьера. На горизонтальной проекции этой границы откладываются значения расстояния по периметру карьера, а по перпендикуляру к простираению его бортов – среднюю величину степени гладкости откосов в каждом секторе. Затем путем сглаживания с окном, равным 60 м, строится график изменчивости указанного параметра. На диаграмме по периметру карьера четко выделились четыре сектора с минимальными значениями степени гладкости откосов уступов. Именно к этим секторам приурочены деформации уступов карьера, что доказывает целесообразность применения предлагаемой авторами методики выявления проблемных по устойчивости уступов участков карьера на ранней стадии постановки его на предельный контур ниже зоны гипергенной дезинтеграции массива горных пород.



№ сектора	Длина сектора, м	Количество деформаций уступов	Объем вывала горной породы, тыс.м ³
1	360	11	5.7–13.5
2	320	7	2.5–17.0
3	400	14	2.5–27.5
4	480	8	2.5–7.5

Рис. 6. Диаграмма изменчивости степени гладкости откосов (СГО) уступов по периметру карьера на его предельном контуре (секторы проявления деформаций залиты серым цветом, их характеристика дана в таблице)

Fig. 6. Diagram variability degree of smoothness of the slopes (DSS) benches around the perimeter of his career limiting circuit (sectors manifestation strain flooded gray, their characteristics are given in the table)

Заключение

1. Разработана и апробирована на примере карьера рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» методика количественной оценки степени гладкости откосов уступов.
2. Установлена взаимосвязь между степенью гладкости откосов уступов и их устойчивостью: чем ниже количественные значения СГУ, тем опаснее с точки зрения устойчивости изучаемый участок карьера.
3. Предложенная методика предназначена для прогнозирования позиции слабоустойчивых участков бортов карьера в массивах скальных пород на ранней стадии постановки их на предельный контур.

Список литературы References

1. Агарков И.Б., Игнатенко И.М., Яницкий Е.Б., Овсянников А.Н. 2013. Актуализация геолого-структурного плана карьера с применением фотопанорам его уступов. В кн.: Материалы 12-го международного симпозиума «Вопросы осушения, геологии и геоинформатики, геомеханики, специальных горных работ и горных технологий». Белгород: 369–374.
- Agarkov I.B., Ignatenko I.M., Janicki E.B., Ovsyannikov A.N. 2013. Updating of geological-structural plan career with photo panoramas of its ledges. In: Materialy 12-go mezhdunarodnogo simpoziuma "Voprosy osusheniya, geologii i geoinformatiki, geomehaniki, special'nyh gornyh rabot i gornyh tehnologij" [Proceedings of the 12th International Symposium "Problems of drainage, geology and geoinformatics, geomechanics, special mining and mining technology"]. Belgorod: 369–374. (in Russian)



2. Дунаев А.В. 2009. Типы и условия проявления деформаций стационарных уступов карьера при разработке Ковдорского апатит-магнетитового месторождения. *В кн.: Известия Тульского государственного университета. Геомеханика. Механика подземных сооружений. Сборник материалов VI международной конференции.* Тула: 56–59.

Dunayev A.V. 2009. Types and conditions of existence of strains stationary benches quarry of Kovdor apatite-magnetite deposit. *In: Izvestija Tul'skogo gosuniversiteta. Geomehanika. Mehanika podzemnyh sooruzhenij. Sbornik materialov VI mezhdunarodnoj konferencii* [News of the Tula State University. Geomechanics. Mechanics of underground structures. The collection of materials of VI International Conference]. Tula: 56–59. (in Russian)

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2004612469 Горно-геологическая информационная система ГЕОМИКС (ГИС ГЕОМИКС). 9.11.2004.

Certificate of state registration of the computer №2004612469 mining and geological information system GEOMIKS (GIS GEOMIKS). 09.11.2004. (in Russian)

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014619048 Специализированная геоинформационная система Устойчивость (ГИС Устойчивость). 8.09.2014.

Certificate of state registration of the computer №2014619048 specialized Geographic Information System Stability (Stability GIS). 09.08.2014. (in Russian)

5. Яницкий Е.Б., Игнатенко И.М., Дунаев А.В. 2009. Применение фотометодов для изучения структуры массива скальных пород и состояния стационарных уступов в карьере. *Геология, география и глобальная энергия*, (1): 31–36.

Janickij E.B. I.M. Ignatenko, Dunayev A.V. 2009. Application Photomethod to study the structure of the array of rocks and ledges in the stationary state career. *Geologija, geografija i global'naja jenergija* [Geology, geography and global energy], (1): 31–36. (in Russian)