

**К ОБОСНОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ  
ВЫСОКОГОРНОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРА-КЕЧЕ.  
ЧАСТЬ II. ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*А. А. Коваленко*

---

Показаны горнотехнические условия разработки месторождения: определены границы большого карьера, исследованы системы развития выработанного пространства, названы комплексы горнотранспортного оборудования на время строительства фронта вскрышных работ, установлены безопасные, экономически целесообразные и экологически чистые площади для размещения отвалов горных пород за граничным контуром карьера.

*Ключевые слова:* угольное месторождение Кара-Кече; глубокие карьеры; свойства вскрышных пород; углы наклона бортов; направление фронта вскрышных работ; внешние отвалы пород.

В результате работ, выполненных в 1947–1981 гг., определены горногеологические, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки месторождения Кара-Кече, подсчитаны

балансовые и забалансовые запасы угля в пластах “Основной” и “Сложный”, установлены объемы вскрышных пород, показаны границы открытой и подземной разработки месторождения [1–11].

Несмотря на некоторые различия сведений о распределении запасов угля на открытые и подземные, глубине карьеров, расположении внешних отвалов породы и других параметров масштабная разработка месторождения признана рентабельной, а для подъема промышленного потенциала республики и образования новых рабочих мест – важной и перспективной.

#### **Границы открытой разработки месторождения Кара-Кече. Результаты предшествующих исследований**

Границы открытой разработки месторождения изменялись по мере расширения масштабов геолого-разведочных работ. В 1947–1949 гг. А.А. Луйк и В.М. Гореловский [1–2] осуществили первый подсчет запасов угля, утвержденных ГКЗ СССР по категориям: В – 16561 тыс. т,  $C_1$  – 110179 тыс. т,  $C_2$  – 45760 тыс. т; всего – 172500 тыс. т.

В 1950–1951 гг. Ф.Т. Каширин и З.Е. Каширина [3] пересчитали запасы по состоянию на 01.01.1952 г.: В – 55302 тыс. т,  $C_1$  – 66541 тыс. т,  $C_2$  – 84386 тыс. т; всего – 206229 тыс. т.

В результате детальной разведки месторождения, выполненной Каракечинской партией в 1956–1958 гг. под руководством Я.А. Махрина [4], запасы угля увеличены по категориям  $A_2+B+C_1$  до 295245 тыс. т,  $C_2$  – 123325 тыс. т; всего – 418570 тыс. т, в том числе для открытой разработки – 164081 тыс. т.

По горногеологическим условиям на месторождении выделены два карьерных, три штольневых поля, закладываемых со дна карьера после отработки последними своих запасов, и поле вертикальной шахты: карьеры Центральный, Западный; шахтные поля, вскрываемые штольнями, – Восточное, Центральное, Западное и поле вертикальной шахты [4, с. 2-3].

В 1959–1960 гг. Я.А. Махрин, В.В. Телунц, А.М. Поддубный [5] провели работы по доразведке Западного участка месторождения.

В 1980–1981 гг. Северо-Киргизская геологическая экспедиция под руководством Б.И. Ибраимова [6, с. 290] подготовила для передачи в ГКЗ уточненные запасы угля по месторождению: В – 108974 тыс. т,  $C_1$  – 204682 тыс. т;  $C_2$  – 125625 тыс. т, всего – 439281 тыс. т, в том числе для открытой разработки – 194611 тыс. т; для подземной – 243588 тыс. т, забалансовые подземные – 1082 тыс. т. Общие запасы по Западному участку составляют 153519 тыс. т. [6, с. 282]. Авторы сделали несколько важных выводов и привели ссылку (п. 4), представляющую интерес для проекта будущего карьера:

1. Балансовые и забалансовые запасы угля на месторождении до отметки + 2400 м до глу-

бины 450 м от дневной поверхности по способам разработки целесообразно включить в контуры карьера; запасы нижних горизонтов до отметки + 2000 м до глубины 850 м – оставить для добычи шахтным способом [6, с. 313].

2. Запасы угля до отметки + 2400 м позволяют добывать открытым способом до 5 млн. т в год в течение 38–48 лет без доразведки нижних горизонтов [6, с. 305].

3. Сделано предположение, что общие запасы угля на месторождении определяются установленной закономерностью выклинивания пластов в южном направлении. При сохранении рабочих мощностей до оси синклинали и частично в южном крыле общие запасы могут быть увеличены до 1000–1250 млн. т [6, с. 306].

4. Институт “Центргипрошахт” Минуглепрома СССР [6, с. 322] рекомендовал установить границы карьера Кара-Кече мощностью 3,0 млн. т в год: на севере – по выходам пласта “Основной” под наносы, на юге – по предельной изогипсе почвы пласта – 2200 м, на западе – по первой разведочной линии, на востоке – по саю Безымянный; ориентировочный коэффициент вскрыши – 14 м<sup>3</sup>/т.

Другой важный параметр, определяющий контуры будущего карьера на дневной поверхности, – безопасные углы наклона рабочего и нерабочего бортов выработанного пространства. С целью более глубокого изучения свойств пород и углей и определения устойчивости бортов карьера, уступов и отвалов пород в 1980–1981 гг. выполнена совместная работа Северо-Киргизской геологической экспедиции и института УкрНИИПроект Минуглепрома СССР [8, с. 105–128].

Расчеты УкрНИИПроекта показали, что для вскрышных пород и угля месторождения Кара-Кече могут быть установлены усредненные показатели объемного веса, прочности пород в образцах и в массиве раздельно для палеозойских (карбонových), юрских, неогеновых и четвертичных отложений. Значения указанных величин для коэффициента запаса устойчивости откосов 1, 2 приведены в табл. 1.

Предельным генеральным углом наклона северного и южного бортов карьера принят угол 55°. В четвертичных валунно-галечных отложениях угол наклона борта равен углу естественного откоса – 35°.

По данным УкрНИИПроекта [8, с. 117–124] построены графики изменения высоты южного борта в зависимости от углов наклона откосов (рис. 1).

Предложенная методика обладает некоторыми недостатками, в частности, не учитывает напряженное состояние массива пород и не пред-

Физико-механические свойства  
вскрышных пород и угля месторождения Кара-Кече

| Порода       | Возраст | Объемный вес, т/м <sup>3</sup> | Сцепление в образце, кгс/см <sup>2</sup> | Коэффициент структурного ослабления массива пород, $\lambda$ | Сцепление в массиве, тс/м <sup>2</sup> | Угол внутреннего трения | $\sigma_{сж}$ , кгс/см <sup>2</sup> |
|--------------|---------|--------------------------------|--|--|--|-------------------------|-------------------------------------|
| Конгломераты | Карбон  | 2,67                           | 110,20                                   | 0,05   | 55,10                                  | 33°                     | 45,5–674,5                          |
| Песчаники    |         | 2,69                           | 87,00                                    | 0,06   | 52,20                                  | 34°30'                  | 516,7–805,5                         |
| Гравелиты    |         | 2,37                           | 33,00                                    | 0,10   | 33,00                                  | 31°                     | 174,3                               |
| Аргиллиты    |         | 2,77                           | 82,70                                    | 0,05   | 41,30                                  | 29°                     | 46,2–535,4                          |
| Алевролиты   |         | 2,82                           | 73,10                                    | 0,06   | 43,90                                  | 30°                     | 485,2–809,9                         |
| Аргиллиты    | Юра     | 2,44                           | 18,10                                    | 0,13   | 23,60                                  | 28°                     | 55,9–147,5                          |
| Алевролиты   |         | 2,48                           | 47,00                                    | 0,08   | 37,60                                  | 30°15'                  | 19,2–86,7                           |
| Песчаники    |         | 2,38                           | 13,00                                    | 0,18   | 23,40                                  | 34°30'                  | 66,5–888,3                          |
| Глины        |         | 1,90                           | 5,00                                     | 0,44   | 22,00                                  | 14°                     | –                                   |
| Уголь        |         | 1,35                           | 17,00                                    | 0,13   | 22,10                                  | 36°                     | 101,6                               |
| Конгломераты | Неоген  | 2,72                           | 128,00                                   | 0,05   | 64,00                                  | 34°                     | 123,2–442,5                         |

усматривает постоянное приборное наблюдение за сдвижением пород у границы выработанного пространства карьера в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Опыт открытой разработки угольных месторождений на юге республики показал, что попытки оценить напряженное состояние и определить структурное ослабление массива вскрышных пород до начала строительства и эксплуатации карьеров оказались несостоятельными. По утверждению авторов исследования [8, с. 105], применяемые до сих пор методы геологоструктурной съемки недостаточны для более точной оценки месторождения. После вскрытия структура месторождения, как правило, отличается от предполагаемой большей сложностью.

Северный борт в конечном положении будет расположен по напластованию в надринутых породах неогена, в западном торце залежи – в отложениях карбона у выхода пластов на поверхность. Устойчивое положение южного борта в юрских и неогеновых породах будет определяться глубиной карьера.

Рекомендуемые углы откоса рабочих уступов высотой 15 м независимо от структуры слагающих пород составят 80°, нерабочих – 65–70°.

#### Новые границы открытой разработки месторождения Кара-Кече

Относительно предельной глубины карьера Кара-Кече не существует единого мнения: А.Я. Махрин [4–5] и Б.И. Ибраимов [6] рекомендуют комбинированную открыто-подземную разработку месторождения. Нижняя отметка 2400 м оценива-

ется ими как предельная глубина открытых работ. В то же время “Центргипрошахт” предлагает понизить дно карьера до 2200 м [6, с. 322].

В связи с таким выводом в программу промышленного освоения месторождения необходимо внести новые положения:

1) *исключить из перспективных планов добычу угля подземным способом;*

2) *глубину действующего карьера, углы наклона рабочего и нерабочего бортов в границах Западного участка и других участков месторождения целесообразно корректировать через определенные промежутки времени;*

3) *в проект на строительство карьера и в практику производства вскрышных и добычных работ необходимо включить непрерывные мониторинг и проектирование основных параметров карьера – горногеологических, технологических, технических и информационных технологий с целью автоматизированного управления производством.*

#### Соотношение объемов мягких, средней крепости и крепких вскрышных пород и угля в границах Западного участка месторождения

Для обоснования технологии и техники вскрышных и добычных работ для будущего карьера, способными обеспечить максимальные безопасность и рентабельность добычи угля не только на верхних горизонтах, но в донной части месторождения, необходимо знать соотношение объемов и характеристики пород, слагающих вскрышу. С этой целью разработана графическая

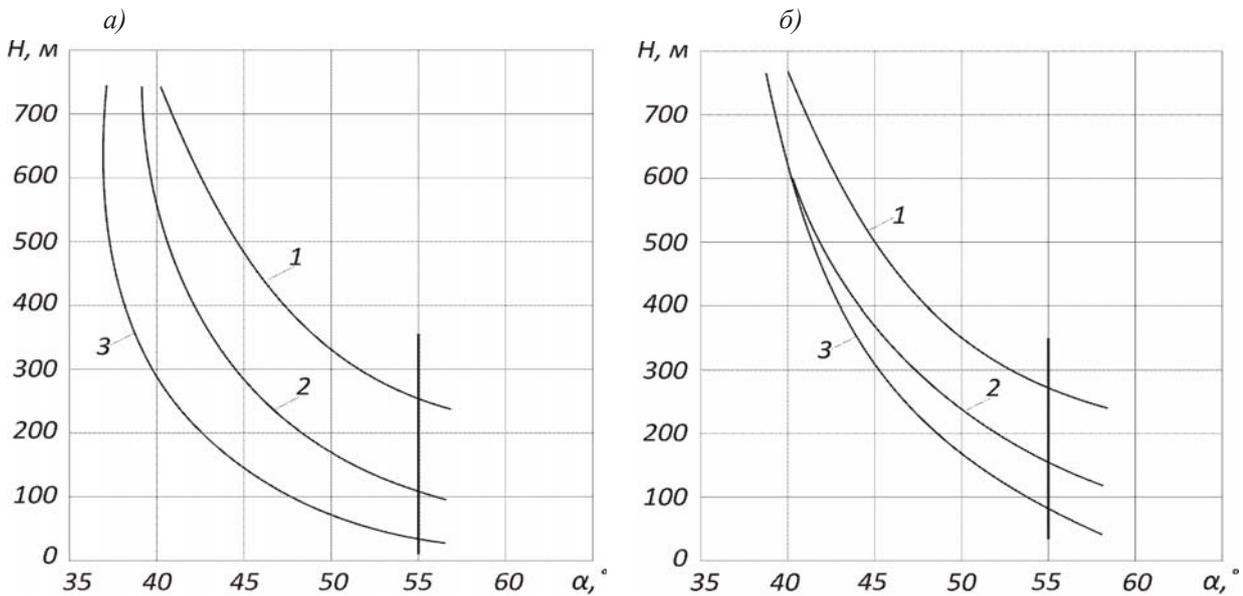


Рис. 1. Графики изменения высоты южного борта карьера Кара-Кече в зависимости от углов наклона откосов в неосушенных (а) и осушенных (б) породах юры и неогена при значении коэффициента структурного ослабления массива 1,2: 1–25 геологический профиль, мощность пород – 50 м; 2–19 профиль, мощность пород 125 м; 3–15 профиль, мощность пород 250 м.

модель месторождения на примере Западного участка, в основу которой положены геологические профили от 1 до 13. Углы наклона южного и северного бортов карьера приняты по данным УкрНИИПроекта. Горные работы на нижней отметке предполагают полное извлечение угольных пластов открытым способом. План поверхности месторождения с нанесенными линиями геологических профилей показан на рис. 2.

Наименование всех пород, слагающих вскрышу Западного участка, объемы пород, угля, коэффициент вскрыши с учетом объема вскрыши в торцах и колебания текущего коэффициента вскрыши с изменением глубины полойной разработки приведены в табл. 1–4.

Из табл. 1–2 следует, что наибольшую часть пород составляют конгломераты и песчаники, объем которых достигает 23,5 и 37,0%, соответственно. Наиболее крепкие породы во вскрыше месторождения: песчаники, алевролиты, конгломераты, аргиллиты. Это обстоятельство следует учитывать в качестве важного критерия при выборе горнотранспортного оборудования для будущего карьера.

**Система развития выработанного пространства карьера, направление перемещения фронта вскрышных работ**

В основу методики определения объемов вскрышных пород и угля, а также их соотноше-

ния положены схемы горизонтальных и наклонных параллельных сечений в контурах карьера от дневной поверхности к нижней границе синклинали складки угольного пласта (рис. 3).

Результаты расчетов в каждом слое – объем и вид пород, запасы угля и коэффициент вскрыши в м<sup>3</sup>/т суммируются и таким образом определяются общие объемы породы и угля и средний коэффициент вскрыши в границах участка. Результаты выполненных расчетов по профилям от 1 до 13 показаны в табл. 3–4.

Из табл. 4 следует, что коэффициент вскрыши плавно изменяется от первого слоя к последнему и в среднем составляет 10,36 м<sup>3</sup>/т, что вполне приемлемо по современным представлениям о рентабельности открытой разработки угольных месторождений. Этот вариант может быть включен в техническое задание на строительство карьера в границах Западного участка месторождения Кара-Кече.

Благоприятное изменение объемов в схеме отработки вскрыши наклонными слоями определяет вскрытие угольных пластов у выходов на поверхность по простиранию разрезной траншеи внешнего заложения от 13-го профиля.

Мобильное горнотранспортное оборудование, например, бульдозеры-рыхлители, ковшковые погрузчики, автосамосвалы грузоподъемностью 120 т для проходки подготовительных

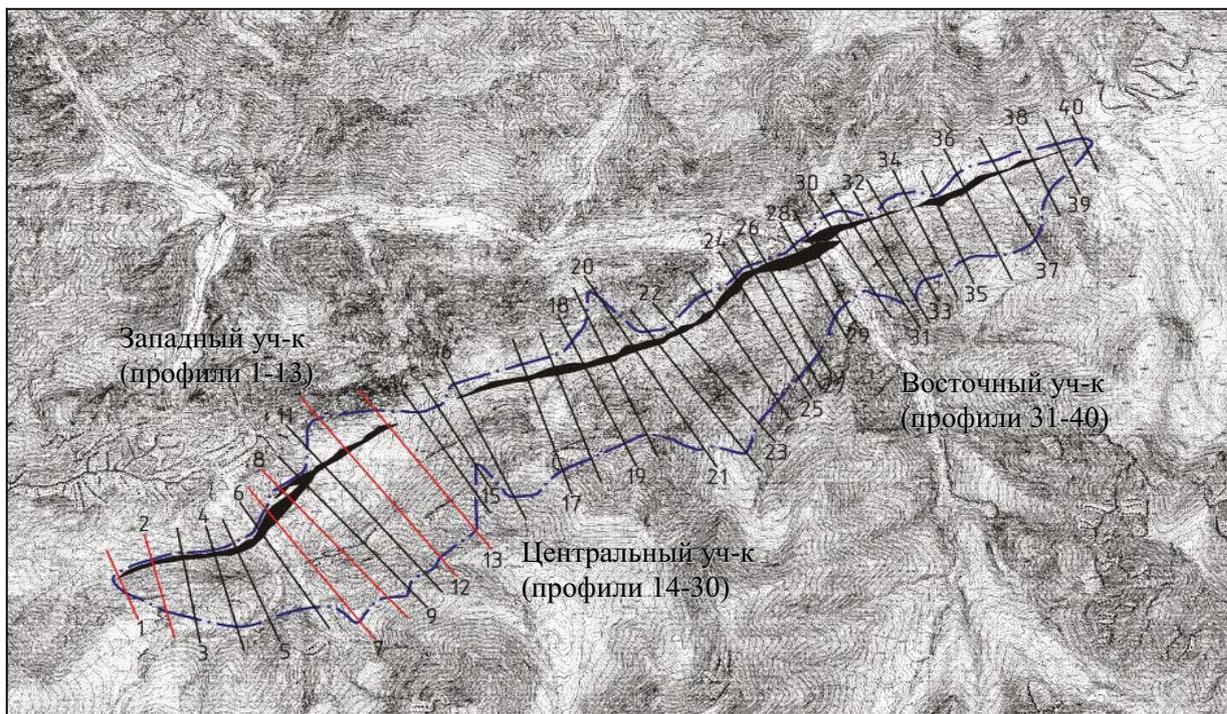


Рис. 2. План поверхности Западного, Центрального и Восточного участков месторождения Кара-Кече с линиями геологических профилей 1–40.

Таблица 2

Соотношение объемов пород и угля  
в границах Западного участка между профилями 1–13

| Порода                            | Объем породы,<br>% | Порода   | Объем породы,<br>% |
|-----------------------------------|--------------------|--|--------------------|
| Алевролиты с прослоями песчаников | 5,84               | Песчаник мелко-среднезернистый                 | 12,14              |
| Аргиллиты                         | 10,43              | Песчаник среднезернистый                       | 0,67               |
| Аргиллиты с прослоями песчаников  | 0,23               | Песчаник средне-крупнозернистый                | 4,16               |
| Базальтоиды                       | 1,21               | Песчаники                                      | 18,36              |
| Диорит                            | 0,02               | Песчаники известковистые мелко-среднезернистые | 2,35               |
| Известняк                         | 9,29               | Пироксенит                                     | 3,21               |
| Конгломерат мелкогалечный         | 23,54              | Проллювиальные отложения                       | 0,96               |
| Конгломерат крупногалечный        | 0,26               | Углистые аргиллиты                             | 1,30               |
| Крупно-валунные конгломераты      | 0,05               | Уголь  | 5,97               |

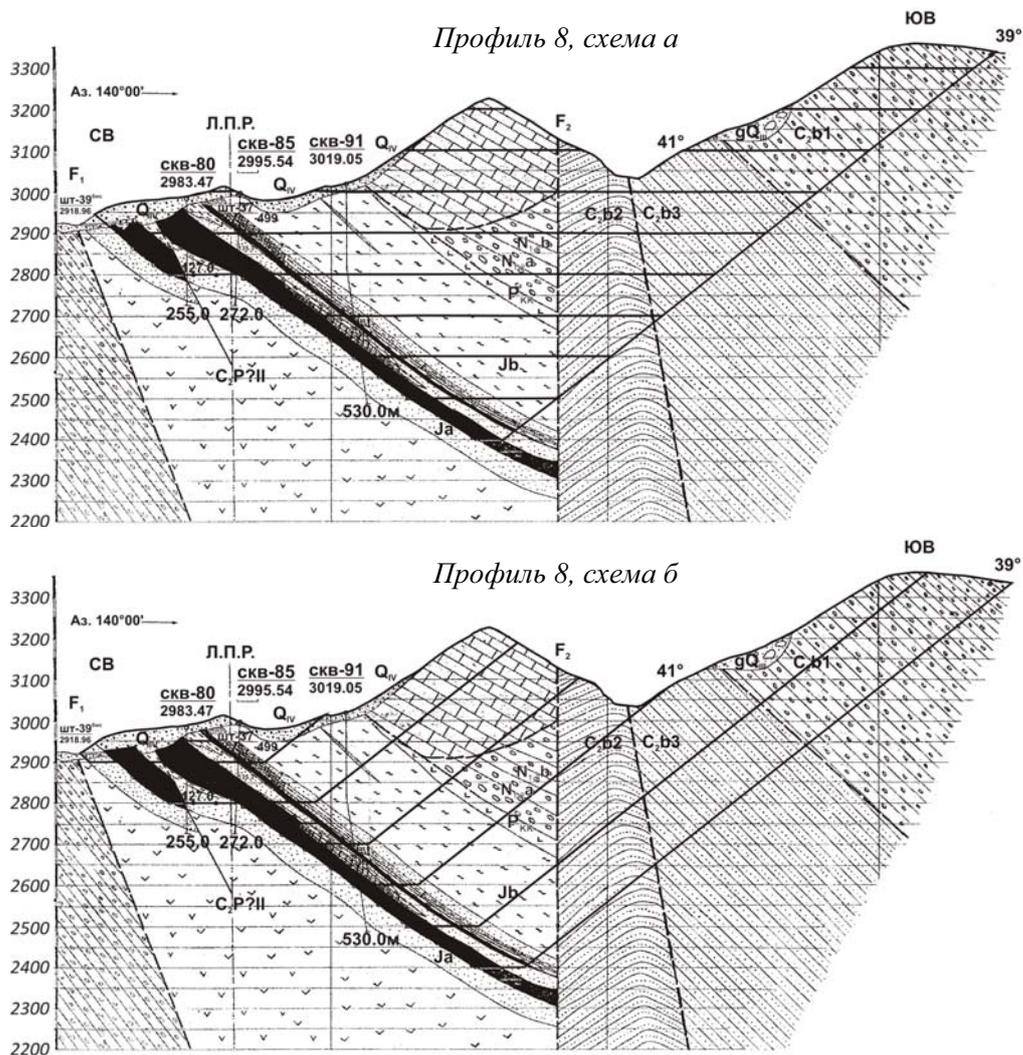


Рис. 3. Схемы перемещения фронта работ горизонтальными (а) и наклонными (б) слоями на примере геологического профиля 8.

выработок на время строительных работ могут быть приняты для постоянной эксплуатации после сдачи карьера первой очереди.

Известно, что высоту угольных уступов устанавливают, исходя из параметров горно-транспортного оборудования. Высота черпания, например, роторного экскаватора S100 фирмы "ThyssenKrupp" не превышает 5 м, для буро-клиновых стругов [12] высота уступов может увеличена до 50 м. Промежуточное положение занимают экскаваторы – ЭКГ-5А для добычных работ, ЭКГ-10 и ЭКГ-12 – для вскрыши в сочетании с автосамосвалами соответствующей грузоподъемности.

### Место расположения отвалов вскрышных пород за границным контуром большого карьера

Проблема образования отвалов на дневной поверхности относится к одной из наиболее сложных задач при проектировании и эксплуатации будущего карьера. В случае разработки всех запасов месторождения, то есть 1,2 млрд. т с коэффициентом вскрыши 14,3 м<sup>3</sup>/т объем породы в отвалах возрастет до 16,8 млрд. м<sup>3</sup>.

Одним из вариантов размещения породы в отвалах у границ карьеров Восточный, Центральный и Западный месторождения может служить решение Проектно-исследовательского Центра "Кен-

Таблица 3

Объемы вскрыши и угля в горизонтальных слоях Западного участка

| Нижние отметки горизонтальных слоев, м | Площадь, тыс. м <sup>2</sup> |         | Объем угля, тыс. т | Объем вскрыши, тыс. м <sup>3</sup> | Коэффициент вскрыши с объемом породы в торцах, м <sup>3</sup> /т |
|--|------------------------------|---------|--------------------|------------------------------------|--|
|  | Уголь                        | Вскрыша |                    |                                    |  |
| 3400                                   |                              | 1552    |                    | 15521                              |  |
| 3300                                   |                              | 17912   |                    | 179123                             |  |
| 3200                                   |                              | 61192   |                    | 611916                             |  |
| 3100                                   | 204                          | 126879  | 266                | 1268789                            | 477,77   |
| 3000                                   | 2756                         | 186833  | 3583               | 1868328                            | 52,26  |
| 2900                                   | 10602                        | 216503  | 13783              | 2165030                            | 15,82  |
| 2800                                   | 17568                        | 183071  | 22838              | 1830708                            | 8,13   |
| 2700                                   | 16505                        | 131041  | 21456              | 1310408                            | 6,22   |
| 2600                                   | 15070                        | 80583   | 19591              | 805830                             | 4,22   |
| 2500                                   | 11983                        | 41650   | 15578              | 416498                             | 2,78   |
| 2400                                   | 7083                         | 10662   | 9208               | 106619                             | 1,27   |
| Всего                                  | 81771                        | 1057877 | 106303             | 10578771                           | 10,06  |

Таблица 4

Объемы вскрыши и угля в наклонных слоях Западного участка

| № слоя | Площадь, тыс. м <sup>2</sup> |         | Объем угля, тыс. т | Объем вскрыши, тыс. м <sup>3</sup> | Коэффициент вскрыши с объемом породы в торцах, м <sup>3</sup> /т |
|--------|------------------------------|---------|--------------------|------------------------------------|--|
|        | Уголь                        | Вскрыша |                    |                                    |  |
| 1      | 12088                        | 75791   | 15715              | 757908                             | 4,93   |
| 2      | 16520                        | 151850  | 21476              | 1518497                            | 7,18   |
| 3      | 14905                        | 213034  | 19377              | 2130338                            | 11,10  |
| 4      | 14225                        | 231796  | 18493              | 2317959                            | 12,64  |
| 5      | 12337                        | 188702  | 16038              | 1887018                            | 11,88  |
| 6      | 10161                        | 188679  | 13209              | 1886788                            | 14,39  |
| 7      | 6795                         | 110214  | 8833               | 1102140                            | 12,59  |
| Всего  | 87031                        | 1160065 | 113140             | 11600648                           | 10,36  |

Тоо” [11, с. 12, 17, 19–21; 11, с. 2–29]. Из представленных расчетов следует, что общий объем вскрыши месторождения до глубины 300 м с учетом коэффициента разрыхления составит 4,1 млрд. м<sup>3</sup>.

Предложено отработать запасы угля в два этапа: с 2001 г. – по 750 тыс. т угля в год, с 2008 г. – по 3 млн. т в год с коэффициентом вскрыши 14,4 м<sup>3</sup>/т. На добычных работах намечено применить экскаваторы ЭКГ-5А, на вскрыше – ЭКГ-12,5; транспортировать породы к отвалам автосамосвалами БелАЗ-7512.

В левобережье реки Кара-Кече предполагалось разместить 5822 млн. м<sup>3</sup> породы в шести отвалах, наименьшее расстояние до отвалов составило 2,9 км, наибольшее – на плато в направлении озера Сон-Куль – 15 км.

При высоте многоярусных отвалов 100 м, необходимая для их размещения площадь на дневной поверхности составит 5,95 млрд. м<sup>2</sup>. Поскольку экономически целесообразное расстояние транспортирования породы к отвалам большегрузными автосамосвалами не должно превышать 5 км, то площадь территории по периметру карьера ко времени погашения всех запасов угля месторождения составит не менее 6 млрд. м<sup>2</sup>. В этом случае породой будут перекрыты все реки, протекающие по поверхности месторождения, подъездные пути к карьере, включая автомобильную дорогу на Нарын и к озеру Сон-Куль, уничтожены десятки гектаров реликтовых лесов. Кроме того, мощные отвалы вокруг месторождения создадут поле высокого



Рис. 4. План поверхности первоначального и основного отвалов вскрышных пород в объеме 15–16 млрд. м<sup>3</sup> из месторождения Кара-Кече на весь срок службы большого карьера.

давления на борта выработанного пространства, что создаст проблему безопасной работы большого карьера.

В качестве альтернативного решения предлагается схема конвейерного транспорта вскрышных пород к отвалам, которая предполагает разрушение горных пород с полным исключением негабаритов непосредственно в забоях в процессе отделения породы от массива, что требует создания новой технологии разработки крепких вскрышных пород с включением конгломератов и песчаников [12]. В случае применения в забоях циклической технологии и конвейерного транспорта вскрышных работ от границы карьера за перевалом Молдо-Тоо необходимо будет разместить стационарную дробильную установку, либо передвижные дробильные устройства в забоях.

Площади первоначального и основного отвалов рассчитаны на весь срок службы большого карьера, то есть не менее чем на 100 лет (рис. 4).

Ближайший аналог Кара-Кече – Коркинское месторождение бурого угля в Челябинской области Российской Федерации [13–15]. Опыт ра-

боты уникального Коркинского разреза может и должен быть использован при проектировании и эксплуатации месторождения Кара-Кече. В частности, представляет большой интерес размещение вскрышных пород во внешних отвалах, эксплуатация ленточных конвейеров в угольных забоях, а также система осушения разреза от паводковых и грунтовых вод.

#### Литература

1. Луйк А.А., Гореловский В.М. Отчет Каракечинской геолого-разведочной партии по работам 1947–1948 гг. Часть I. Рукопись. Фонды Упр. геол. Кирг. ССР, 1949.
2. Луйк А.А. Материалы к подсчету запасов Каракечинского угольного месторождения. (Дополнения к отчету Каракечинской партии по работам 1947–1948 гг). Часть II. Рукопись. Фонды Упр. геол. Кирг. ССР, 1949.
3. Каширин Ф.Т., Каширина З.Е. Геологическое описание Кавакской угленосной площади и подсчет запасов энергетического угля по нему. Фонды Упр. геол. Кирг. ССР, 1951.

4. *Махрин Я.А., Михайлов В.В., Ковалев П.А. и др.* Отчет о результатах детальной разведки участка намечаемой карьерной разработки угля и состояние разведанности Каракечинского месторождения на 1 июля 1958 г. Фонды Упр. геол. Кирг. ССР, 1958.
5. *Махрин Я.А., Телунц В.В., Поддубный А.М.* Отчет о результатах детальной разведки Западного участка Кара-Кечинского бурогоугольного месторождения по состоянию разведанности на 01.01.1960. Кн. 1. Фонды Упр. геол. Кирг. ССР, 1961.
6. *Ибраимов Б.И., Копылов Б.В., Богомазов Г.П. и др.* Отчет о детальной разведке Каракечинского бурогоугольного месторождения с подсчетом запасов угля по состоянию на 1 сентября 1981 г. Т. 1. – Фрунзе, 1981.
7. *Фисенко Г.Л.* Устойчивость бортов карьеров и отвалов на разрезах. – М.: ЦНИИЭИУголь, 1975. – С. 26.
8. *Устинов С.А., Могилко А.Н., Спивак О.А. и др.* Инженерно-геологические работы по изучению физико-механических свойств пород и разработка рекомендаций по обеспечению устойчивости бортов разреза “Кара-Киче” на стадии детальной разведки / Институт “УкрНИИПроект”. – Киев, 1981.
9. Техничко-экономические расчеты открытой разработки месторождения угля Кара-Киче. Т. 1 / Проектно-исследовательский центр “Кен-Тоо”. – Бишкек, 1997.
10. Техничко-экономические расчеты открытой разработки месторождения угля Кара-Киче. Т. 3-1 / Проектно-исследовательский центр “Кен-Тоо”. – Бишкек, 1997.
11. *Солтуев Т.С.* Угольные месторождения Кыргызской Республики. – Бишкек, 1996.
12. *Коваленко А.А.* Технология и устройство для непрерывного формирования устойчивых бортов в глубоких карьерах // Вестник КРСУ. – 2007. – Т. 7. – № 4.
13. Горная энциклопедия / Под ред. Е.А. Козловского. – М.: Directmedia Publishing, 2006.
14. Челябинск: Энциклопедия / Сост.: В.С. Боже, В.А. Черноземцев. – Изд. испр. и доп. – Челябинск: Каменный пояс, 2001.
15. Челябинский информационный портал (<http://chelyabinsk.ws/helpme/47-oao-po-dobycheuglja-cheljabinskaja-ugolnaja.html>)