

ОЦЕНИВАНИЕ ЗЕМЛЕЁМКОСТИ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ИЗМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ

А. В. Селюков

Evaluation of ground capacity of coal mines by modification of opencast mining system

A. V. Selyukov

Ongoing exploitation of coal mines of the Kemerovo region with longitudinal enddeepening opencast mining systems contributes to the progressive increase of withdrawal of agricultural lands. However, the balance between ecological orientation of regions with open coal production and increase of production capacity should be based on the approaches with the modernized databases of scientific and technical focus of rational correlation of opencast methods and the impact on the environment that is usually accomplished in the practice of foreign coal mines. Furthermore, for the open coal mining in the Kuznetsk coal basin, ground capacity exceeds the industry average for the Russian Federation is almost 3 times. Identifying the causes of scanty implementation of such approaches and their elimination in domestic production should be based on a comprehensive purposeful impact of selection of two objects of functioning – external or internal dumps, which serves the purpose of this work – the development of known theoretical approaches for ground capacity management.

On the basis of data obtained from various sources the author suggest aggregated indicators of ground capacity in relation to the average annual production capacity of coal production enterprises that use opencast methods; the author also forecast trends in its increment depending on the production growth.

The article contains new scientific results, such as grouping of coal mines based on the partial correlation of production capacity and ground capacity; identifying and assessing specific periods of exploitation of coal mines with an external or internal stockpiling and corresponding levels of the ground capacity. One can distribute the conclusions for mines of the Kemerovo region to businesses operating in similar conditions.

Keywords: coal mine; the ground capacity; the system of opencast mining; waste rock dump.

Продолжающаяся эксплуатация угольных разрезов Кемеровской области с продольными углубочными системами открытой разработки способствует прогрессирующему росту изъятия земель сельскохозяйственного назначения. Однако балансирование между экологической направленностью регионов с открытой добычей угля и приростом производственных мощностей должно основываться на подходах с модернизированными базами научно-технической направленности рационального соотношения способов разработки и воздействия на окружающую среду, что больше всего достигнуто в практике работы зарубежных угольных разрезов. К тому же при открытой добыче угля в Кузнецком угольном бассейне землеёмкость превышает среднеотраслевую по Российской Федерации почти в 3 раза. Выявление причин малочисленной реализации таких подходов и их устранения в отечественном производстве должно базироваться на комплексном целенаправленном воздействии выбора двух объектов функционирования – внешнего или внутреннего отвалов, что и служит цели данной работы – развитию известных теоретических подходов управления землеёмкостью. На основании данных, полученных из различных источников, предложены укрупнённые показатели землеёмкости по отношению к среднегодовой производственной мощности предприятий по добыче каменного угля открытым способом и даны прогнозные тенденции её приращения в зависимости от роста объемов добычи. Получены новые научные результаты: угольные разрезы систематизированы исходя из долевого соотношения производственной мощности и землеёмкости; выделены и оценены характерные периоды эксплуатации угольных разрезов с внешним или внутренним отвалообразованием и соответствующими этому уровнями землеёмкости. Полученные выводы для разрезов Кемеровской области можно распространять на предприятия, работающие в аналогичных условиях.

Ключевые слова: угольный разрез; землеёмкость; система открытой разработки; отвал вскрышных пород.

Введение Основными предпосылками к порядку формирования систем разработки месторождений Кемеровской области являются горно-геологические условия залегания угольных пластов. В практике производства открытой угледобычи в Кемеровской области с момента ввода в эксплуатацию первых угольных разрезов «Бачатский», «Краснобродский» и других до настоящего времени преимущественно применяется углубочная продольная одно- или двухбортная система разработки (по классификации, предложенной академиком В. В. Ржевским) [1].

В основу такой системы разработки закладывается развитие горных работ по падению угольных пластов, априращение рабочей зоны в плане горных работ является производным от первоначального главного развития горных работ по глубине. При отработке наклонных и крутопадающих угольных залежей использование углубочных систем открытой разработки приводит к необходимости размещения пород вскрыши на внешних отвалах (рис. 1, а, б), что влечет за собой прогрессивные темпы изъятия земель сельскохозяйственного назначения [2, 3]. Следовательно, необходимо изыскивать более совершенные технологические решения.

Материал и результаты исследований

Согласно анализу проектной документации по угольным разрезам Кемеровской области, примерно равное соотношение в укрупнённой

структуре площадей нарушаемых земель означает, что основное влияние на землеёмкость оказывает порядок отработки угольного разреза – углубочная продольная система разработки, а именно, значительную долю нарушаемых территорий занимают карьерное поле (38 %) и внешний отвал (44 %), а долевые остатки приходятся на инфраструктурные объекты и прочие нарушения.

Землеёмкость (текущая, средняя, эксплуатационная) определяется как отношение площади нарушенных земель за i -й период к добыче полезного ископаемого за этот же период, т. е.

$$z = \sum_{i=1}^n S_{n,3i} / A_{ti},$$

где z – землеёмкость, га/млн т; $S_{n,3i}$ – площадь нарушаемых земель открытыми горными работами, га; A_{ti} – добыча угля за определенный период.

Несмотря на замедление роста спроса на продукцию угольных предприятий Кемеровской области, снижения темпов открытой угледобычи за последние два года в целом не наблюдается. Следовательно, изъятие земель из сельскохозяйственного оборота либо останется на прежнем уровне или, несмотря на кризисные экономические явления, будет наблюдаться тенденция роста землеёмкости открытой угледобычи в Кузнецком угольном бассейне.

На основании данных проектных организаций ОАО «Кузбассгипрошахт», ООО «Сибгеопроект», ОАО «Сибгипрошахт», ЗАО «Гипроуголь» и др. за период 2000–2015 гг. и научно-технической литературы автором были получены укрупнённые показатели землеёмкости производства открытой угледобычи. Применительно к действующим карьерным полям Кемеровской области определены обобщённые показатели землеёмкости по отношению к среднегодовой производственной мощности предприятий по добыче каменного угля открытым способом (рис. 2).

Большой удельный вес землеёмкости открытой угледобычи объясняется тем, что практически вся вскрышная порода при продольной системе разработки вывозится за пределы карьерного поля. По этой причине землеёмкость добычи угля в Кузнецком угольном бассейне превышает среднеотраслевую по Российской Федерации почти в 3 раза. В конечном итоге при такой тенденции могут быть негативные последствия по увеличению экологической нагрузки на Кемеровскую область [4–6].

Из графика на рис. 2 следует, что по величине землеёмкости угольные разрезы можно сгруппировать следующим образом:

– с производственной мощностью до 4 млн т/год соотношение добычи и землеёмкости 1 : 3 (разрезы им. Вахрушева», «Киселевский», «Байдаевский», «Сартаки» и др.);

– в интервале от 4 до 10 млн т/год соотношение 1 : 5 (разрезы «Кедровский», «Моховский», «Бачатский» и др.).

Анализ отечественного практического опыта и проектного материала по размещению вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля позволил сделать вывод, что реализация углубочных систем разработки в промышленных масштабах горных предприятий

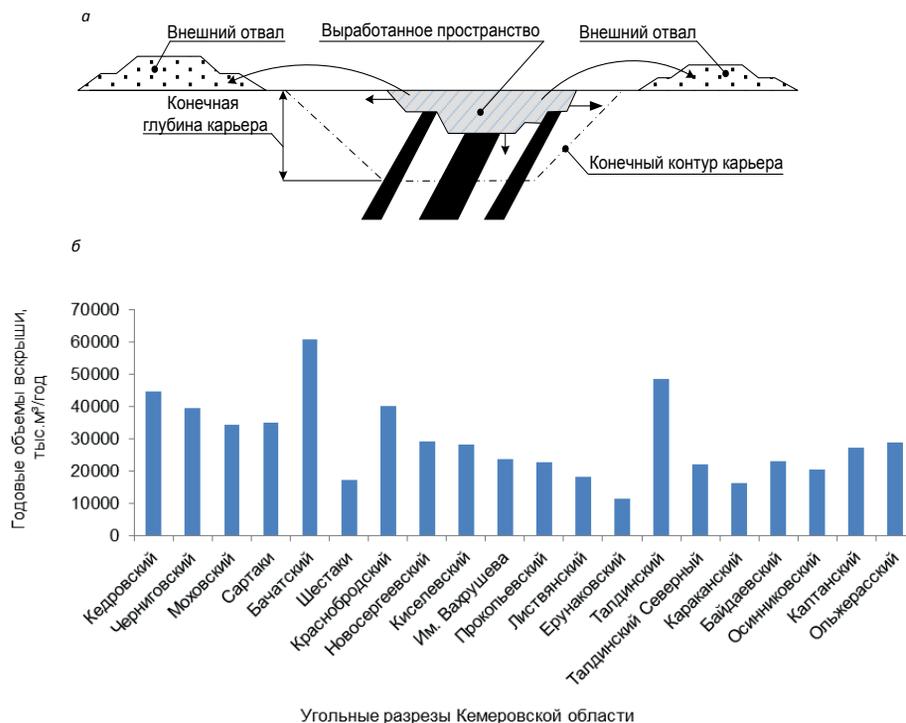


Рисунок 1. Принципиальная схема, поясняющая принципы развития открытых горных работ при углубочных продольных системах разработки (поперечное сечение карьерного поля) – а и усреднённые значения годовых объемов вскрыши, размещаемой на внешних отвалах угольных разрезов Кемеровской области – б / Figure 1. Schematic diagram illustrating the principles of open-pit mining at enddeepened longitudinal mining systems (cross-sectional view of quarry fields) (a) and average values of annual volumes of overburden placed on the outer dumps of the Kemerovo region coal mines (b).

невозможна по нескольким основным причинам. Во-первых, порядок развития рабочей зоны в карьерном поле. Зона углубляется постоянно, до момента затухания горных работ в карьере, т. е. при углублении горных работ увеличивается объем выработанного пространства и вместе с ним доля выработанного пространства карьера. Одновременно выработанное пространство как потенциальная емкость для складирования вскрышных пород используется только к завершающему периоду эксплуатации карьера, иными словами, недостатком является сама система открытой разработки. Причина вторая: известные теоретические проработки по размещению вскрышных пород в выработанном пространстве мало реализованы применительно к режиму действующих карьерных полей, т. е. должен быть системный (не единичный) подход по увеличению доли внутреннего отвала. К настоящему моменту на базе анализа проектов разработки угольных месторождений и информации по развитию производства установлено, что долевое участие внутреннего отвалообразования очень низкое и объясняется тем, что оно приурочено к моменту затухания горных работ в карьерном поле и примерно составляет для углубочной продольной однобортовой системы 4–7 %, двухбортовой – 10–12 %.

Таким образом, временной разрыв от начала эксплуатации действующих карьерных полей и момента возникновения процесса заполнения выработанного пространства вскрышной породой приводит к незначительности процесса внутреннего отвалообразования и увеличению землеёмкости.

На основе полученных укрупнённых показателей землеёмкости возможна прогнозная оценка целенаправленных воздействий: или продолжать эксплуатацию угольного разреза с внешним отвалом (отвалами) или в качестве альтернативы использовать складирование вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля. Из этого следует, что землеёмкость производства горных работ открытым способом может быть значительно снижена за счет размещения вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля [7]. К таким решениям можно отнести поперечные системы открытой разработки [8]. В ранее упомянутых источниках многократно и доказательно подтверждалась эффективность использования выработанного пространства карьерного поля для складирования вскрышных пород.

На современном уровне развития открытых горных работ за рубежом признано, что наиболее рациональное соотношение систем разработки и окружающей среды достигнуто в практике работы угольных разрезов США, Канады, Великобритании, Франции. Этому способствуют наименее благоприятные условия открытого способа разработки с точки зрения экологии и окружения горного производства.

Факторы, ограничивающие развитие открытых горных работ

- отсутствие свободных земель;
- большая плотность населения;

- развитое сельское хозяйство;
- развитая инфраструктура коммуникаций;
- наличие ценных с исторической, эстетической и природной точек зрения ландшафтов.

В таких условиях предпочтительны системы открытой разработки, позволяющие иметь минимум нарушенных площадей земной поверхности и производить рекультивацию одновременно с разработкой.

В зарубежных источниках с XX в. по настоящее время [9–14] приводится много примеров практического применения однобортовой поперечной системы разработки с внутренним отвалообразованием на месторождениях угля, и отмечаются ее достоинства:

- нарушаемая горными работами площадь земель и время ее отторжения минимальны;
- сокращение расстояния транспортирования пород до минимального за счет компактного построения зоны рабочего борта и отвала в карьере;
- преимущественно внутреннее отвалообразование в основной период работы карьера;
- ускоренная рекультивация земель (начало через 5–6 лет после начала разработки) со скоростью последующего восстановления, равной скорости отторжения.

В таблице приведены примеры применения поперечной системы разработки в зарубежных странах.

Для небольших угольных месторождений Франции характерно применение однобортовой поперечной системы разработки с минимальным размером рабочей зоны и внутренним отвалообразованием. Месторождения имеют 5–6 пластов угля наклонного или крутого падения, осложненных нарушениями.

Например, в США при открытой разработке месторождений полезных ископаемых можно привести данные об использовании однобортовой поперечной системы на карьере KEMMERER мощностью 3,2 млн т, разрабатывающем свиту из 12 пластов наклонного падения (22°–25°) мощностью 3–30 м. Глубина работ достигает 300 м, коэффициент вскрыши 4,6 м³/т.

На антрацитовых месторождениях восточного побережья США поперечная система запроектирована на месторождениях со сложной геологией. Глубина разработки составляет 250–280 м.

В Канаде поперечная система разработки применяется на группе карьеров (3 карьера) компании QUINTETTE GOAL со сложной геологией и горным рельефом. Углы падения свит из 5–8 пластов мощностью 0,7–9,5 м меняются в пределах 15°–70°. Выемка пород и угля ведется комплектом гидравлических экскаваторов. Мощность карьеров 1–5 млн т, коэффициент вскрыши 3,5–6,4 м³/т, срок работы до 20 лет. Отвалообразование преимущественно внутреннее.

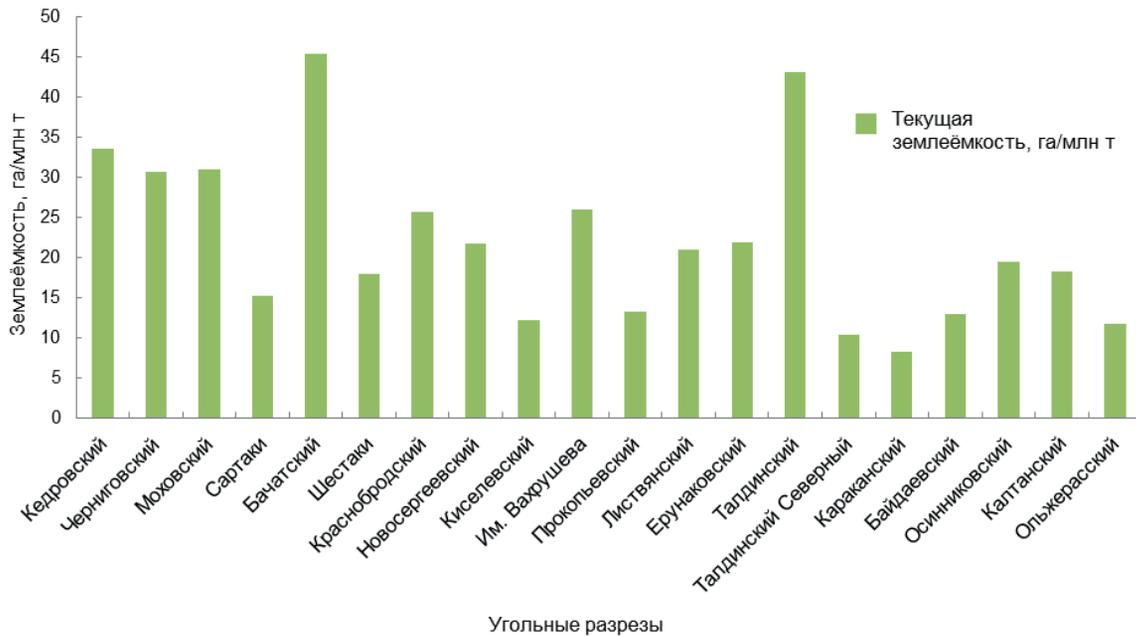


Рисунок 2. Укрупнённые показатели землеёмкости производства открытой угледобычи в Кемеровской области / Figure 2. Enlarged indicators of ground capacity of open coal mining production in the Kemerovo region.

Примеры применения поперечной системы разработки в зарубежных странах.

Карьер, страна	Запасы, млн т	Площадь горного отвода, га	Количество пластов	Мощность пластов, м	Угол падения пластов, град.	Мощность карьера, млн т/год	Коэффициент вскрыши, м³/т	Глубина, м
Westfield, Великобритания	20	372	6	–	10–45	–	15,3	206
Nant Helen, Великобритания	3,3	308	13	0,2–3,5	0–10	–	22	146
Park Slip Extension, Великобритания	2,3	179	23	0,2–1,1	0–10	0,3	19	120
Ffos Las, Великобритания	3,3	423	11	0,2–5,5	0–7	–	19	140
Keekle Ektension, Великобритания	2,1	320	16	0,1–1,7	1–4	0,23	21	120
Keekle Ektension, Великобритания	2,1	320	16	0,1–1,7	1–4	0,23	21	120
Dalguhandy, Великобритания	15	1046	16	0,2–1,9	1–10	1,0	15	110
Herault, Франция	3,9	–	8	2–6	70	0,2	6	–
Gerrejon, Колумбия	300	3800	40	1–10	10–35	до 15	5–6	225
Kemmerer, США	–	–	10	3–30	25–30	3,2	4,6	–
Saxonvale, Австралия	4700	–	11	2–20	5–20	До 7	4,5	300
Mesa, Канада	22	–	5	1–9	22–40	5,3	5,6	200
Wolverine, Канада	–	–	8	0,7–4,3	15–27	1	–	240

Самым крупным в мире карьером с поперечной системой разработки является совместное предприятие (США и Колумбия) GERRE ON в Колумбии с годовой производительностью по полезному ископаемому до 15 млн т угля в год. На карьере разрабатывается до 40 наклонных пластов угля с диапазоном залегания 10°–35°, мощностью 1–10 м. Максимальная глубина разработки 225 м при ширине карьера 2 км. Длина первоначального этапа разработки составляет 10 км с запасами более 300 млн т. Коэффициент вскрыши 5–6 м³/т. Отвалообразование после шестого года разработки внутреннее с параллельным ведением рекультивации.

Таким образом, по анализу работы зарубежных угольных карьеров можно заключить, что землеёмкость в несколько раз ниже, чем на отечественных предприятиях, что обеспечивается системами разработки с внутренними отвалами.

В Кемеровской области зачастую при одной и той же территориальной расположенности горных предприятий весьма permanently представлены данные ценообразования арендой платы за пользование земельными паями, но для теоретических расчетов землеёмкости можно применить дольные абсолютные единицы (проценты) [15]. Тогда, выбирая текущую землеёмкость за базовый уровень, определим теоретические функции ее распределения в зависимости от её исходного состояния и прогнозных значений при возможных диапазонах прироста производственных мощностей (рис. 3).

Анализ данных на рис. 3 показывает, что прогнозный прирост производственной мощности угольного разреза A_n в отношении долевого увеличения землеёмкости Z_n подчиняется экспоненциальной зависимости вида с коэффициентом аппроксимации $R^2 = 0,9851$:

$$Z_n = 40,139 e^{0,00574 A_n} \tag{1}$$

где A_n – приращение годовой производственной мощности в диапазоне от 5 до 50 %; Z_n – соответствующее доленое увеличение землеёмкости при наращивании производственной мощности, га/млн т/год.

Выражение (1) справедливо только при открытой разработке наклонных и крутопадающих угольных залежей Кемеровской области при использовании углубочных продольных систем разработки. Для случаев, отличающихся иными горно-геологическими и техническими условиями, требуются дополнительные вычисления.

Для расчета землеёмкости, когда в условия производства вводится такой объект, как внутренний отвал, в качестве примера выберем два действующих угольных разреза – «Бачатский» (крутопадающая угольная залежь) и «Сартаки» (наклонная угольная залежь).

В расчетах учтены следующие теоретические подходы:

– для поддержания достигнутой производственной мощности в течение периода видоизменения системы открытой разработки необходи-

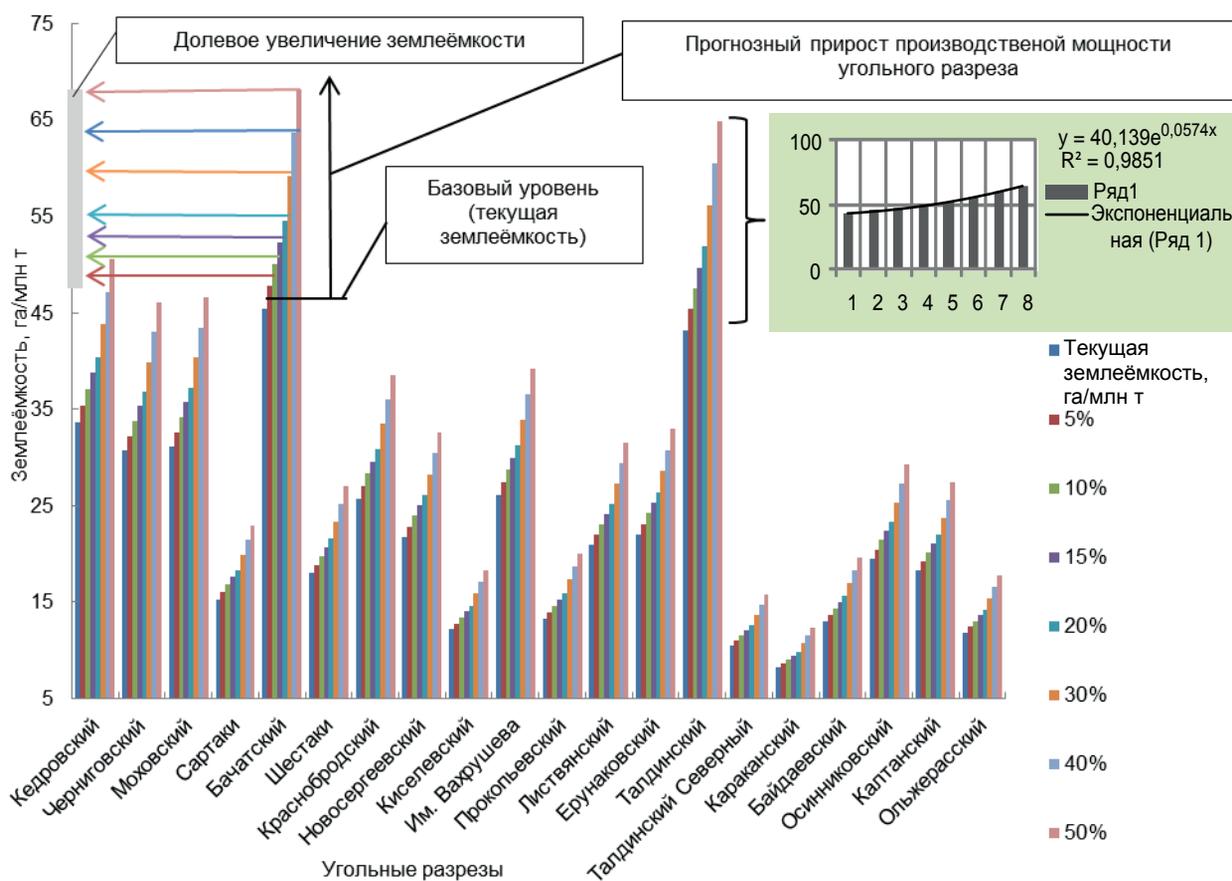


Рисунок 3. Землеёмкость угольных разрезов при разработке наклонных и крутопадающих залежей в зависимости от её текущих уровней и теоретических функций прогнозных значений при возможных диапазонах прироста производственных мощностей / Figure 3. Ground capacity of coal mines in the development of inclined and steep deposits depending on the current levels and its theoretical function of forecast values with the possible ranges of growth of production capacity.

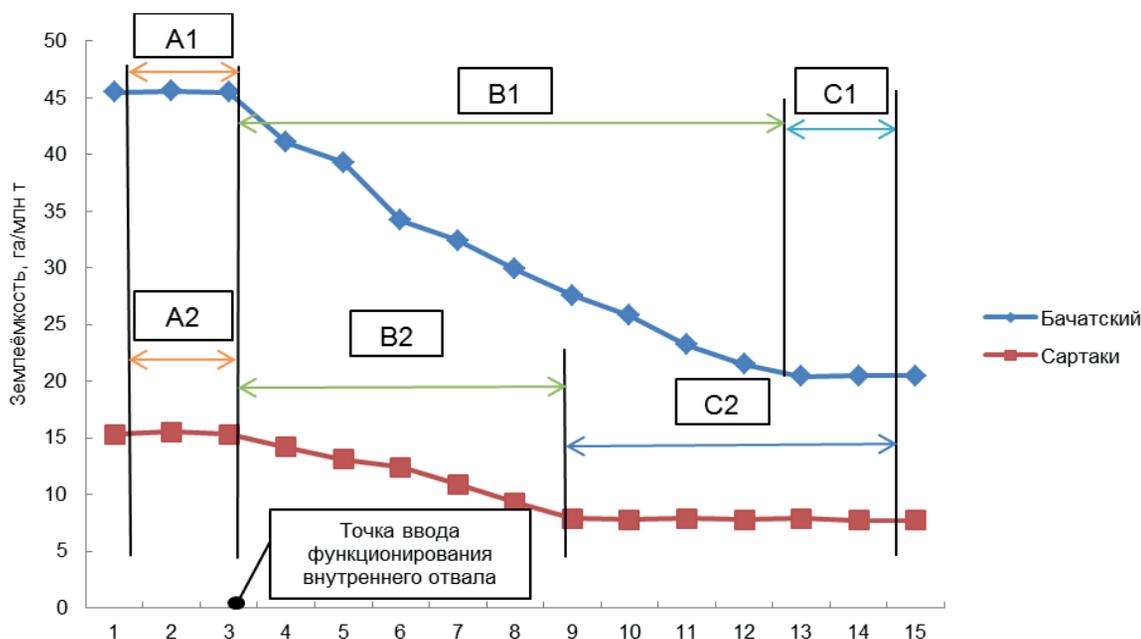


Рисунок 4. Примеры распределения землеёмкости угольных разрезов «Бачатский» и «Сартаки» с выделением этапов эксплуатации с внешним отвалом, перехода на внутренний отвал и складирования вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля / Figure 4. Examples of distribution of ground capacity of coal mines «Bachatskiy» and «Sartaki» with the allocation of the stages: exploitation with external dump, the transition to an inner dump and storing of overburden in mined-out space of quarry field.

мо следовать сценарно-концентрационным установкам распределения горных работ в карьерном поле [16];

– в процессе технологического перехода от внешнего к внутреннему отвалообразованию необходима раскройка действующих карьерных полей на сектора при выборе места заложения ёмкости под внутренний

отвал и ранжировании совокупной значимости величин, комплексно определяющих природно-технологическое содержание видоизменения системы разработки [17].

Тогда, согласно двум теоретическим посылам, графическое изображение землеёмкости угольных разрезов Кемеровской области при видо-

изменении системы открытой разработки может быть представлено в виде графического изображения (рис. 4).

На графике (рис. 4) следует выделить несколько характерных периодов эксплуатации с соответствующими этому уровнями землеёмкости.

Введём следующие обозначения периодов:

– A_1, A_2 – функционирование угольного разреза с внешним (внешними) отвалами при разработке наклонных и крутопадающих залежей (углубочные системы разработки);

– B_1, B_2 – продолжительность переходного периода от внешнего отвалообразования к внутреннему (видоизменение системы разработки от продольной к поперечной);

– C_1, C_2 – период функционирования угольного разреза при складировании вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля.

Рассмотрим влияние обозначенных периодов на изъятие земельных угодий. К примеру, угольный разрез эксплуатируется какой-то промежуток времени с внешними отвалами, обозначим продолжительность периода через позиции 1–3. Затем выделим отправную точку, когда предприятие начинает осуществлять технологический процесс по переходу с внешнего на внутреннее отвалообразование, например, в точке 3.

Согласно работе [16], при разработке наклонной залежи угольный разрез по длительности периода технологически переориентируется на внутренние отвалы примерно через 3–5 лет, а при крутопадающем залежании – примерно через 5–8 лет.

Тогда после точки 3 распределение на отрезке периодов B_1, B_2 будет носить линейно убывающий характер с коэффициентом аппроксимации $R^2 = 0,9858$ для разреза «Сартаки» и $R^2 = 0,9764$ для «Бачатского» в соответствии с временными интервалами длительности, указанными ранее. После этого для наклонной залежи наступает выравнивание уровня землеёмкости, начиная от позиции 9 и для крутопадающей залежи от позиции 13. Иными словами, в периоды C_1, C_2 на землеёмкость будет влиять только карьерное поле, и ее величина снижается в 1,5–2 раза относительно изначального уровня A_1, A_2 . Периоды A_1, A_2 и C_1, C_2 можно охарактеризовать как относительно стабильные и с равнозначной величиной землеёмкости.

Для других угольных разрезов из перечня, представленного на рис. 3, не вошедших в параметрический расчет на рис. 4, также будут аналогично присутствовать характерные периоды, но только от анализируемых ранее отличия будут в иных уровнях числовых значений землеёмкости.

Заключение

По факторам взаимного влияния на землеёмкость угольных разрезов Кемеровской области таких объектов, как карьерное поле, внешний и внутренний отвал, устанавливаются её уровни. Получены новые научные результаты: укрупненная группировка угольных разрезов по землеёмкости в зависимости от производственной мощности; прогнозные изменения её величины от наращивания производительности разрезов; выделены характерные периоды эксплуатации угольного разреза с соответствующими этому уровнями землеёмкости при видоизменении системы разработки.

Сформулированные автором выводы позволяют надеяться, что предлагаемые решения поставленных задач позволят повысить эффективность работы угольных разрезов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ржевский В. В. Открытые горные работы. Ч. 2. Технология и комплексная механизация. М.: Недра, 1985. 549 с.
2. Селюков А. В. О технологической значимости внутреннего отвалообразования при открытой разработке угольных месторождений Кемеровской области // ФТПРПИ. 2015. № 5. С. 23–34.
3. Косолапов О. В. Типизация воздействий, оказываемых на окружающую среду при разработке месторождений полезных ископаемых // Изв. УГГУ. 2014. № 2 (34). С. 54–60.
4. Хорошилова Л. С., Тараканов А. В. Проблемы нарушенных земель в Кузбассе и пути их решения // Вестник КузГТУ. 2007. № 2. С. 62–64.
5. Славиковская Ю. О. Сравнительная оценка техногенного воздействия на окружающую среду открытой и подземной геотехнологий // ГИАБ. 2011. № 7. С. 188–192.
6. Томаков П. И., Коваленко В. С., Тюлькин А. П. Влияние основных природных и горнотехнических факторов на удельную землеёмкость открытой добычи угля // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. 1978. № 1. С. 208–217.
7. Томаков П. И., Коваленко В. С. Природоохранные технологии открытой разработки крутых и наклонных угольных месторождений Кузбасса // Уголь. 1991. № 1. С. 8–12.
8. Михальченко В. В., Прокопенко С. А. Экологически чистые технологии – будущее открытой угледобычи в Кузбассе // Уголь. 1992. № 1. С. 11–14.

Алексей Владимирович Селюков,
alex-sav@rambler.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева
Россия, Кемерово, ул. Весенняя, 28

9. Woodruff S. Methods of working coal and metal mines. New York; Oxford, 1966. 488 p.
10. Weishi Z., Qingxiang C., Shuzhao C. Optimization of transport passage with dragline system in thick overburden open pit mine overburden open pit mine // International Journal of Mining Science and Technology. 2013. Vol. 23. P. 901–906.
11. Chadwick J. Open pit or underground // International Mining. 2012. № 1. P. 28–41.
12. Dhananjai V. A finite element approach of stability analysis of internal dump slope in coal field // Mining Journal. 2014. № 5. P. 11–16.
13. Lien L. Advances in coal mining technology // The coal handbook: towards cleaner production. 2013. № 1. P. 193–225.
14. Daemen J. Mining engineering. Pittsburgh: PA, 2003. 96 p.
15. Бирюков А. В., Кузнецов В. И., Ташкинов А. С. Статистические модели в процессах горного производства. Кемерово: Кузбассвузиздат, 1996. 228 с.
16. Селюков А. В. Оценка численного моделирования процесса адаптации внутреннего отвалообразования к режиму действующих карьерных полей Кемеровской области // Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326, № 12. С. 60–71.
17. Селюков А. В. Гистограммный способ определения местоположения емкости для внутреннего отвала при открытой угледобыче в Кемеровской области // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19, № 1/1. С. 40–46.

REFERENCES

1. Rzhveskiy V. V. 1985. *Открытые горные работы. Ч. 2. Технология и комплексная механизация* [Open pit mining. Part 2. Technology and Integrated mechanization], Moscow, 549 p.
2. Selyukov A. V. 2015. *О технологической значимости внутреннего отвалообразования при открытой разработке угольных месторождений Кемеровской области* [On the technological significance of internal dumping in open coal mining of Kemerovo region]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh* [Journal of Mining Science], no. 5, pp. 23–34.
3. Kosolapov O. V. 2014. *Tipizatsiya vozdeystviy okazyvaemykh na okruzhayushchuyu sredu pri razrabotke mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh* [Typization of impacts on the environment in the development of mineral deposits]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], no. 2, pp. 54–60.
4. Khoroshiyova L. S., Tarakanov A. V. 2007. *Problemy narushennykh zemel' v Kuzbasse i puti ikh resheniya* [Problems of disturbed lands in the Kuzbass and solutions]. *Vestnik KuzGTU* [Vestnik of Kuzbass State Technical University], no. 2, pp. 62–64.
5. Slavikovskaya Yu. O. 2011. *Sravnitel'naya otsenka tekhnogennoy vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu otкрытой i podzemnoy geotekhnologii* [Comparative assessment of anthropogenic impact on the environment of open and underground geotechnology]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin], no. 7, pp. 188–192.
6. Tomakov P. I., Kovalenko B. C., Tyul'kin A. P. 1978. *Vliyeniye osnovnykh prirodnykh i gornotekhnicheskikh faktorov na udel'nuyu zemleemkost' otкрытой dobychi uglya* [Impact of major natural and mining factors on the specific ground capacity of open coal mining]. *Programma i metodika izucheniya tekhnogennykh biogeotsenozov* [Program and methodology of studying technogenic ecosystems], no. 1, pp. 208–217.
7. Tomakov P. I., Kovalenko V. S. 1991. *Prirodookhrannyye tekhnologii otкрытой razrabotki krutykh i naklonnykh ugol'nykh mestorozhdeniy Kuzbassa* [Environmental technologies and open development of steep and inclined coal deposits in Kuzbass]. *Ugol'* [Coal], no. 1, pp. 8–12.
8. Mikhail'chenko V. V., Prokopenko S. A. 1992. *Ekologicheski chistyye tekhnologii – budushchee otкрытой ugledobychi v Kuzbasse* [Environmentally friendly technology – the future of the open coal mining in Kuzbass]. *Ugol'* [Coal], no. 1, pp. 11–14.
9. Woodruff S. 1966. *Methods of working coal and metal mines*, New York, 488 p.
10. Weishi Z., Qingxiang C., Shuzhao C. 2013. Optimization of transport passage with dragline system in thick overburden open pit mine. *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 23, pp. 901–906.
11. Chadwick J. 2012. Open pit or underground. *International Mining*, no. 1, pp. 28–41.
12. Dhananjai V. 2014. A finite element approach of stability analysis of internal dump slope in coal field. *Mining Journal*, no. 5, pp. 11–16.
13. Lien L. 2013. Advances in coal mining technology. *The coal handbook: towards cleaner production*, no. 1, pp. 193–225.
14. Daemen J. 2003. *Mining engineering*, Pittsburgh, 96 p.
15. Biryukov A. V., Kuznetsov V. I., Tashkinov A. S. 1996. *Statisticheskie modeli v protsessakh gornogo proizvodstva* [Statistical models in processes of mining], Kemerovo, 228 p.
16. Selyukov A. V. 2015. *Otsenka chislennogo modelirovaniya protsessa adaptatsii vnutrennego otvaloobrazovaniya k rezhimu deystviyushchikh kar'ernykh poley Kemerovskoy oblasti* [Evaluation of numerical simulation of the process of adaptation of an internal stacking to a mode of current career fields of Kemerovo region]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering], vol. 326, no. 12, pp. 60–71.
17. Selyukov A. V. 2016. *Gistogrammnyy sposob opredeleniya mestopolozheniya emkosti dlya vnutrennego otvala pri otкрытой ugledobyche v Kemerovskoy oblasti* [Histogram method for determining the location of the container for internal dump at the open coal mining in the Kemerovo region]. *Vestnik MGTU* [Proceedings of the MSTU], vol. 19, no. 1, pp. 40–46.

Aleksey Vladimirovich Selyukov,
alex-sav@rambler.ru

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
Kemerovo, Russia