

О.А. Татаринова

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ДОСТУПА К УЧАСТКУ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Аннотация.** Рассмотрен общий подход, основанный на проблеме доступа к новым участкам угольных месторождений на примере участка первой очереди «Увального» Терсинского геолого-экономического района Кузбасса. Обоснована возможность использования для месторождений, разрабатываемых подземным способом, единого метода оптимизации всей транспортно-технологической сети в целом. Транспортно-технологические характеристики промплощадок шахт обладают многими достоинствами это наглядность представления, возможность быстрого определения функционала затрат в любой точке на площади и за границами шахтного поля, возможность выделения зон локальных и глобальных оптимумов, возможность наложения на характеристику дополнительных ограничений, «запретных зон» в недрах и на поверхности месторождения и т.п. Исследования, направленные на преобразование и совершенствование методов комплексного обоснования геотехнологических решений при освоении угольных месторождений является актуальной научно-практической задачей. Размещение промплощадки происходит с учетом очередности освоения участков данного месторождения, экологической составляющей на природу, особенностей рельефа данного района, характера залегания пластов, минимизации подземных и поверхностных грузоперевозок.

**Ключевые слова:** месторождение, промплощадка, шахтное поле, транспорт, грузоперевозки, инфраструктура.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-76-82

Согласно программе развития угольной промышленности России до 2035 г. осуществляется процесс формирования новых центров угледобычи на новых угольных месторождениях с благоприятными горно-геологическими условиями [1].

Одной из основных системных проблем развития угольной промышленности является неразвитость транспортной инфраструктуры в новых районах добычи угля и отсутствие новых подходов по вскрытию и методов доступа к георесурсам. Все существующие методы по вскрытию в основном рассчитаны для шахт традиционного типа (имеющих несколько очистных забоев) без совместного учета поверхности и недр. Имеющиеся в настоящее время методы (метод вариантов, метод аналогий) по

определению доступа к георесурсам несколько устарели и не удовлетворяют современным требованиям. Отсутствие возможности коррекции рассмотренного варианта в случае изменения исходных условий и ограничений при использовании метода вариантов, отсутствие целевой функции в постановке задачи для метода аналогий, что не позволяет «судить о размерах дополнительной работы по транспорту ископаемых к стволу шахты, которая может возникнуть, если ствол будет размещен в другом месте». При этом графические методы отличаются трудоемкостью (выполнением большого объема графических работ).

В настоящее время меняются традиционные подходы, применяются более совершенные технологические решения по вскрытию, подготовке и отработ-

ки запасов угля на основе изменения горнотехнологической структуры угольных шахт [2, 3].

Существенное значение для принятия технологических решений при вскрытии участков угольных месторождений имеет совершенствование существующих методов доступа, обуславливающих рациональное размещение технологических объектов (главный ствол, подь-

ездные пути) угольных шахт. Главной целью вскрытия месторождения является создание транспортных связей между очистными забоями и пунктом приема угля на поверхности, обеспечение условий для безопасного перемещения людей, а также комфортных условий на рабочем месте [4].

Для численной реализации метода разработано алгоритмическое обеспе-

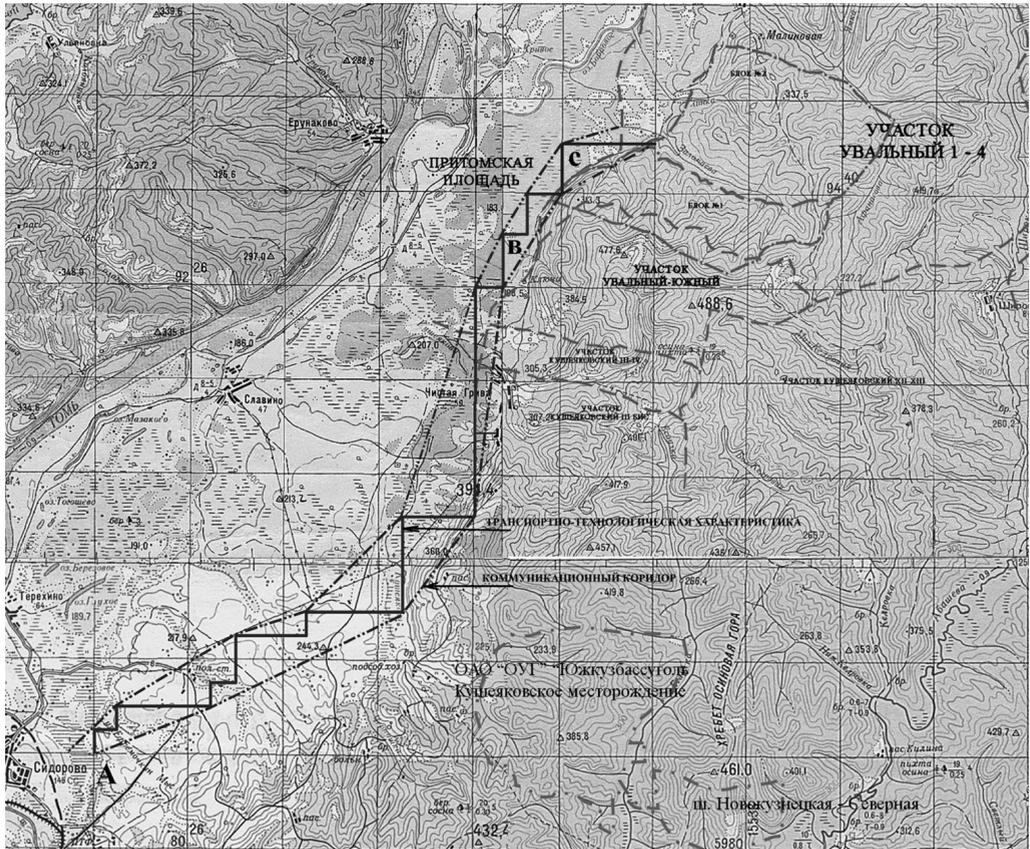


Рис. 1. Транспортно-технологическая характеристика оптимального доступа к участкам Увального угольного месторождения на территории Терсинского геолого-экономического района Кузбасса: —••— — коммуникационный коридор; — — транспортно-технологическая характеристика; —•— — границы участка Увальный Южный и участка Увальный 1—4; — — — граница поля ш. Кушяковская; А — область примыкания коммуникационного коридора к существующей железнодорожной магистрали; В — область примыкания коммуникационного коридора к участку Увальный Южный; С — область примыкания коммуникационного коридора к участку Увальный 1—4

Fig. 1. Transport and technical characteristics to gain access to areas bumpkin coal deposit on the territory Tersinsko geological and economic region of Kuzbass: —••— — communication corridor; — — transport — technological characteristics; —•— — section of the border area and Southern bumpkin bumpkin 1—4; — — — border field sh. Kusheyakovskaya; А — area of junction communication corridor to the existing railway line; В — area communication corridor to abutting portion Southern bumpkin; С — area communication corridor to abutting portion bumpkin 1—4

чение, реализующее данный метод в среде EXCEL. Это позволяет существенно снизить объем обработки информации и оперативно получать варианты размещения технологических объектов при введении новых ограничений. Данный алгоритм позволяет рассчитать трассы для различных видов транспорта между двумя или несколькими пунктами в условиях сложного рельефа местности, наличия «запретных зон» (построек, болот, оврагов и т.д.). Кроме построения оптимальных сетей дорог предусматриваются и решение частной задачи — оптимального примыкания новых коммуникаций к существующим магистралям.

Практическая ценность моделирования заключается в эффективном решении задачи размещения коммуникационного коридора на поверхности Терсинского геолого-экономического района Кузбасса для поля УДК «Увальный» на основе разработанного методического, алгоритмического и программного обеспечения. Снижается трудоемкость, время поиска и обоснования наилучшего проектного решения. Обеспечивается высокое качество проектирования за счет анализа большого числа вариантов размещения технологических объектов с помощью численного эксперимента. На рис. 1 представлены результаты численного моделирования характеристик доступа к участкам угольного месторождения Терсинского геолого-экономического района Кузбасса.

Следует добавить, что интенсивное освоение угольных месторождений невозможно без соответствующей характеристики, основанной на принципах транспортной логистики.

Использование методов транспортной логистики при освоении угольных месторождений состоит в том, что ее результаты позволяют:

- решать задачи размещения коммуникационного коридора и технологи-

ческих объектов на поверхности угольных месторождений;

- определять оптимальную трассу подъездного пути на поверхности угледобывающего комплекса;

- выбирать первоочередные участки освоения новых угольных месторождений;

- находить области расположения главных вскрывающих выработок угледобывающего комплекса с учетом поверхностных и подземных характеристик;

- обосновывать геотехнологические решения при вскрытии угольных пластов с учетом более широкого ряда влияющих факторов [5].

Одним из основных принципов логики является принцип оптимальности, определяющий характеристику уровня качества (оптимальное решение задачи, оптимальный план, оптимальное управление). Задача заключается не в том, чтобы найти решение лучше существующего, а в том, чтобы найти самое лучшее решение из всех возможных [6, 7].

Транспортная задача в классической постановке не дает возможности учитывать многие факторы, от которых зависит в итоге, эффективность организации перевозок. Учет всех факторов отражает тот важный факт, что планирование, организация перевозки должно быть построено на основе того представления, что логистика является динамической категорией. Отсюда следует, что необходима разработка новых подходов, математического инструментария, численных методов, алгоритмических процедур и программных продуктов, которые позволили бы в совокупности планировать с учетом динамики [8, 9].

Таким образом, для решения нашей задачи по размещению технологических объектов на угледобывающих предприятиях необходимо использовать методы математического программирования. Создание транспортных коридоров и вве-



дение самого понятия стало в последнее время поистине мировой тенденцией. Данный подход позволяет минимизировать затраты на строительство и эксплуатацию сети автомобильных, железных дорог и линий электропередачи и обеспечить эффективную работу угледобывающих предприятий мирового технико-экономического уровня [10–13].

Поэтому в работе использован принцип динамической оптимизации трасс подъездных путей и наземных грузоперевозок, основанный на методе динамического программирования (Р. Белман) [14] в сочетании с подземными грузоперевозками. Минимизация функции по простираюнию пласта (с транспортом на поверхности) двукрылое шахтное поле превращается в модульный шахтоучасток с односторонней схемой вскрытия (рис. 2).

Разработаны схемы размещения вскрывающих выработок с учетом подземных грузоперевозок и осуществлен расчет транспортно-технологических характеристик расположения коммуникационного коридора для перспективных участков Увальный Южный и Увальный 1–4 Терсинского геолого-экономическо-

го района Кузбасса. Выбранная схема (рис. 2) позволяет вдвое увеличить длину выемочного столба без перемонтажа угледобывающего комплекса (по сравнению с центральным расположением грузового ствола) и снизить грузоперевозки подземным и поверхностным транспортом на 25%.

В результате проведенных исследований местом заложения промышленной площадки является область, где показатели являются наименьшими. По нашим данным с учетом подземных и наземных грузоперевозок, как видно из рис. 3 этой областью является левый фланг шахтного поля, следовательно, промышленную площадку следует закладывать в этой точке. В этом случае все затраты по работе транспорта будут минимальными.

При помощи метода доступа и размещения могут быть исследованы не только объекты, связанные с подземным способом разработки угольных месторождений, но и объекты связанные с карьерами (разрезами), для использования его при открыто-подземном способе. Т.о. можно сделать вывод об универсальности метода размещения объектов в целом [15].

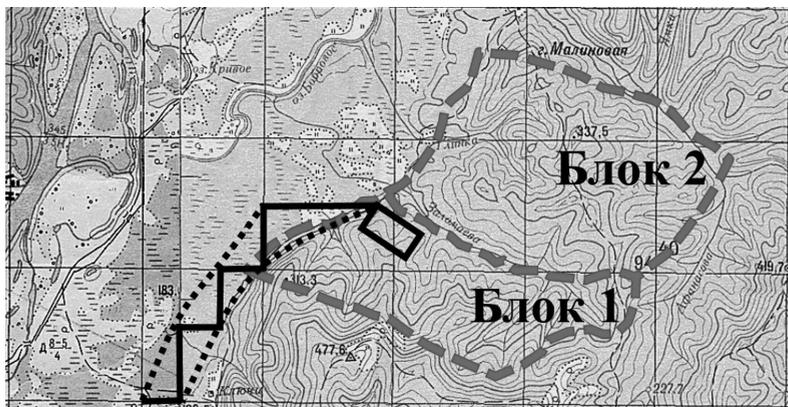


Рис. 3. Схема размещения промышленной площадки для участка первой очереди Увальный Терсинского геолого-экономического района Кузбасса: □ — промплощадка УДК; - - — границы участка Увальный; — — транспортно-технологическая характеристика; ..... — коммуникационный коридор  
Fig. 3. Scheme of the industrial site to the site of the first stage bumpkin Tersinskogo geological and economic region of Kuzbass: □ — UDC industrial site; - - — border area bumpkin; — — transport and technical characteristics; ..... — communication corridor

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период 2035 г. URL: <http://minenergo.gov.ru/view-pdf/6365/66647> (дата обращения 16.01.2017.)
2. Ремезов А. В., Новоселов С. В., Кочкин Р. О. Современные проблемы и направления совершенствования управления и оптимизации деятельности мирового ТЭК / IX Международная научная конференция «Инновации в технологиях и образовании»: сборник статей, ч. 1, Белово, 18–19 марта 2016. — С. 234–236.
3. Пучков Л. А., Жежелевский Ю. А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов, Т. 2. — М.: Изд-во «Горная книга», 2013. — 720 с.
4. Першин В. В., Войтов М. Д., Клюкин Г. К., Сарычев В. И. Подземная разработка пластовых месторождений: учебное пособие для вузов. — Кемерово: КузГТУ, 2014. — 360 с.
5. Татаринова О. А. Оптимизация грузоперевозок при освоении угольных месторождений Кузбасса // Вестник КузГТУ. — 2015. — № 6. — С. 33–38.
6. Транспортная логистика: учебник / Под общ. ред. Л. Б. Миротина. 2-е изд., стереотип. — М.: Изд-во «Экзамен», 2005. — 512 с.
7. Бауэрсокс Дональд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок: Пер. с англ. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2001. — 640 с.
8. Доенин В. В. Динамическая логистика транспортных процессов. — М.: Изд-во «Спутник+», 2010. — 246 с.
9. Sinoviev V. V., Okolnishnikov V. V., Starodubov A. N., Dorofeev M. Yu. Approach to Effectiveness Evaluation of Robotics Technology in Mining Using Discrete Event Simulation // International Journal of Mathematics and Computers in Simulation. — 2016. — vol. 10. — pp. 123–128.
10. Федорин В. А., Татаринова О. А. Характеристика размещения технологических объектов угледобывающего комплекса «Увальный» / Современные тенденции развития образования, науки и технологий: сборник научных трудов 30 сентября 2015 г. — М., 2015. — С. 69–73.
11. Pivnyak G. et al. (ed.). Mining of mineral deposits. — CRC Press, 2013.
12. Burgess-Limerick R. et al. EDEEP—An Innovative Process for Improving the Safety of Mining Equipment // Minerals. — 2012. — Т. 2. — №. 4. — С. 272–282.
13. Drebenstedt C., Singhal R. (ed.). Mine Planning and Equipment Selection: Proceedings of the 22nd MPES Conference, Dresden, Germany, 14th–19th October 2013. — Springer Science & Business Media, 2013.
14. Белман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. — М.: Наука, 1965.
15. Клишин В. И., Ордин А. А., Ческидов В. И., Федорин В. А. Основы концепции оценки предельных объемов добычи угля открытым и подземным способами в Кузбассе // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2009. — Об 7. — С. 47–52. **ГИАБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Татаринова Оксана Андреевна — младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, e-mail: [TatarinovaOA@yandex.ru](mailto:TatarinovaOA@yandex.ru).

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analicheskii byulleten'. 2018. No. 7, pp. 76–82.

## Evaluation of method to gain access to coal deposit areas

Tatarinova O.A., Junior Researcher, e-mail: [TatarinovaOA@yandex.ru](mailto:TatarinovaOA@yandex.ru), Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 650065, Kemerovo, Russia.

**Abstract.** The common approach to gaining access to new areas of coal deposits is considered in terms of Uvalny mining phase I in the Tersinsky geological–economic region in Kuzbass. The difficulty of development of new coal fields consists in their remoteness from the marketing outlets and, as a consequence, underdeveloped or missing infrastructure. Based on the formulated problem, the article validates

applicability of the integrated optimization method to the whole technology-and-transport network in underground mining. The technological and transportation characteristics of mine infrastructure are advantageous for good layout, rapid determination of cost functional at any spatial point inside and outside the mine field limits, distinguishability of local and global optimums, option of imposing a characteristic with extra constraints, surface and underground restricted areas, etc. The research aimed to modify and improve methods of integrated evaluation of geotechnical process solutions in coal mining is a topical scientific and practical task. A mine infrastructure is arranged with regard to the sequence of mining, environmental impact, relief features, mode of occurrence of coal beds and minimization of surface and underground haulage operations.

**Key words:** deposit, infrastructure, mine field, transport, haulage.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-76-82

## REFERENCES

1. *Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya otrasley TEK Rossii na period 2035 g.* [Prognostic and technological development of the Russian fuel and energy sector for the period 2035]. URL: <http://minenergo.gov.ru/view-pdf/6365/66647> (дата обращения 16.01.2017.)
2. Remezov A.V., Novoselov S.V., Kochkin R.O. *Sovremennye problemy i napravleniya sovershenstvovaniya upravleniya i optimizatsii deyatel'nosti mirovogo TEK* [Modern problems and ways of improving the control and optimization of the global fuel and energy]. IX Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya «Innovatsii v tekhnologiyakh i obrazovanii»: sbornik statey, part 1, Belovo, 18–19 March 2016, pp. 234–236.
3. Puchkov L.A., Zhezehevskiy Yu.A. *Podzemnaya razrabotka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh*: Uchebnik dlya vuzov, T. 2 [Underground mining: Textbook for high schools, vol. 2], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2013, 720 p.
4. Pershin V.V., Voytov M.D., Klyukin G.K., Sarychev V.I. *Podzemnaya razrabotka plastovykh mestorozhdeniy: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Underground mining of bedded deposits: Higher educational aid], Kemerovo, KuzGTU, 2014, 360 p.
5. Tatarinova O.A. Optimizatsiya gruzoperevozok pri osvoenii ugol'nykh mestorozhdeniy Kuzbassa [Optimization of transportation during the development of the Kuzbass coal deposits]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015, no 6, pp. 33–38. [In Russ].
6. *Transportnaya logistika*: uchebnik. Pod red. L. B. Mirotina. 2-e izd. [Transport Logistics: Textbook. Mirotin L. B. (Ed.), 2nd edition], Moscow, Izd-vo «Ekzamen», 2005, 512 p.
7. Bauersoks Donal'd Dzh., Kloss Deyvid Dzh. *Logistika: integrirovannaya tsep' postavok*: Per. s angl. [Closs Logistics. Integrated supply chain. English–Russian translation], Moscow, ZAO «Olimp-Biznes», 2001, 640 p.
8. Doenin V.V. *Dinamicheskaya logistika transportnykh protsessov* [Dynamic logistics transport processes], Moscow, Izd-vo «Sputnik+», 2010, 246 p.
9. Sinoviev V.V., Okolnishnikov V.V., Starodubov A.N., Dorofeev M.Yu. Approach to Effectiveness Evaluation of Robotics Technology in Mining Using Discrete Event Simulation. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation*. 2016. vol. 10. pp. 123–128.
10. Fedorin V.A., Tatarinova O.A. Kharakteristika razmeshcheniya tekhnologicheskikh ob'ektov ugledobyvayushchego kompleksa «Uval'nyy» [Characteristic of accommodation technological facilities of the coal complex «Bumpkin»]. *Sovremennye tendentsii razvitiya obrazovaniya, nauki i tekhnologii*: sbornik nauchnykh trudov, 30 September 2015], Moscow, 2015, pp. 69–73.
11. Pivnyak G. et al. (ed.). *Mining of mineral deposits*. CRC Press, 2013.
12. Burgess-Limerick R. et al. EDEEP—An Innovative Process for Improving the Safety of Mining Equipment. *Minerals*. 2012, vol. 2, no 4, pp. 272–282.
13. Drebenstedt C., Singhal R. (ed.). *Mine Planning and Equipment Selection: Proceedings of the 22nd MPES Conference*, Dresden, Germany, 14th–19th October 2013. Springer Science & Business Media, 2013.
14. Bellman R., Dreyfus S. *Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovaniya* [Dreyfus applied dynamic programming problem], Moscow, Nauka, 1965.
15. Klishin V.I., Ordin A.A., Cheskidov V.I., Fedorin V.A. Osnovy kontseptsii otsenki predel'nykh ob'emov dobychi ugl'ya otkrytym i podzemnym sposobami v Kuzbasse [Fundamentals of concept evaluation limit coal production open pit and underground methods in Kuzbass]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2009. Special edition 7, pp. 47–52. [In Russ].

