

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ «КВАЛИМЕТРИЯ НЕДР»

Аннотация. Квалиметрия недр, как область горной науки, занимающаяся оценкой качества полезных ископаемых при недропользовании, сформировалась в конце XX века. Наука «Квалиметрия недр» получила признание в России и за рубежом (Монголия, Казахстан, Узбекистан, Германия, Китай, Болгария, Венгрия, Киргизия, Сирия) по результатам научно-исследовательских работ, научных докладов на Международных симпозиумах, маркшейдерских конгрессах, приглашений по чтению лекций и полученных грантов студентами и аспирантами на НТТМ ВДНХ г. Москва, НТТМ г. Новочеркасск, НТТМ г. Санкт-Петербург. Изложены теоретические основы, научные направления и их задачи, обобщенный опыт и современная концепция развития науки «Квалиметрия недр».

Ключевые слова: качество, система, квалиметрия недр, модель, информационные технологии, управление полнотой и качеством, потери, разубоживание, мониторинг.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-6-0-5-12

Современное горное производство с позиции системных исследований [1] является сложной системой, представляющей «объект» (месторождение полезного ископаемого) + «процесс» (технологические процессы разведки, добычи, обогащения, металлургического передела), где взаимосвязь отдельных элементов системы базируется на количественной оценке качества полезных ископаемых. Квалиметрия недр, как область горной науки, занимающаяся оценкой качества полезных ископаемых при недропользовании, сформировалась в конце XX века [1, 2] и включена в классификацию горных наук, утвержденную Бюро отделения геологии, геохимии и горных наук РАН РФ, в группу «Горное недропользование».

Предмет исследований науки «Квалиметрия недр» — качество полезных ископаемых. Под качеством полезного ископаемого понимают совокупность свойств минерального и химического составов, структурных особенностей, фи-

зико-механических и других характеристик, определяющих их ценность, технологию переработки и эффективность. При определении состава свойств, характеризующих качество продукции, выборе и обосновании номенклатуры показателей качества следует исходить из принципиального положения о том, что свойства продукции проявляются во взаимодействии компонентов системы «человек — продукция — внешняя среда». Это взаимодействие проявляется по-разному для продукции различного вида и назначения, зависит от условий ее производства, использования и носит характер активных действий и противодействий компонентов в сферах производства и потребления. Взаимодействие производителя и потребителя является определяющим фактором формирования, оценки и реализации необходимого набора свойств, характеризующих качество продукции.

Основными научными направлениями «Квалиметрии недр» являются [2]:

- модели и методы количественной оценки качества полезных ископаемых;
- теория и методы управления качеством полезных ископаемого;
- теория и методы управления полнотой и качеством извлечения полезного ископаемого из недр.

К важным и актуальным задачам научного направления «Модели и методы количественной оценки качества полезных ископаемых» необходимо отнести:

1. Формирование информационной базы данных о месторождениях полезных ископаемых:

- информационные технологии разведки (система разведки, технические средства разведки, параметры разведочной сети и опробования, оценка достоверности);

- методы и оценка достоверности комплексного изучения свойств полезных ископаемых;

- методика технологического опробования;

- методы оценки физико-механических свойств вмещающих горных пород;

- выбор и оценка достоверности применения ГИС-технологий.

2. Построение информационной модели месторождения полезных ископаемых на основе: геологической модели месторождений твердых, россыпных и жидких полезных ископаемых; многофакторной геометризации свойств качества полезных ископаемых; геолого-технологического картирования, — с оценкой достоверности применения ГИС-технологий.

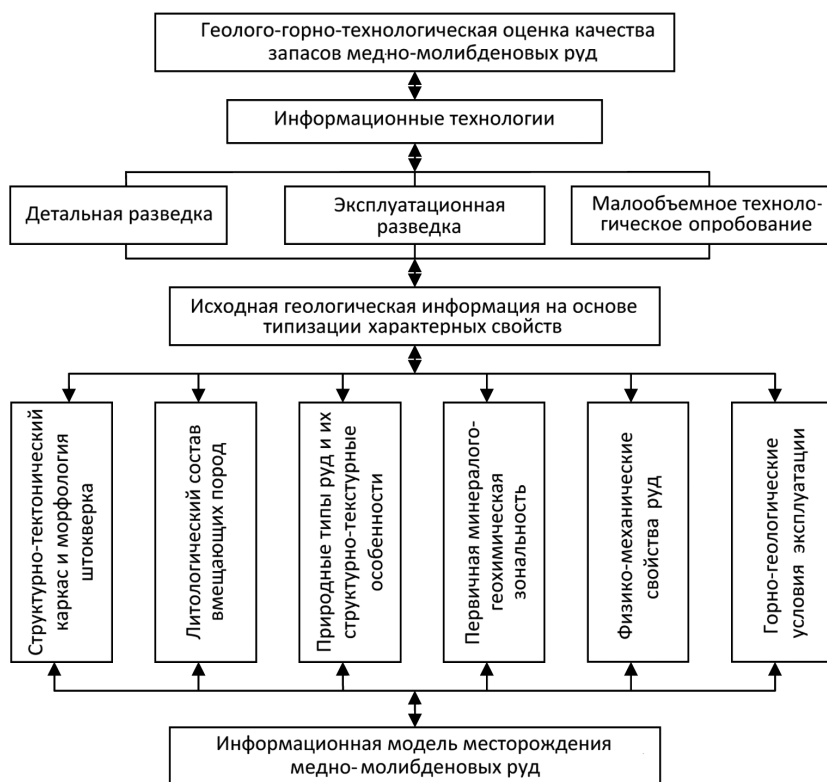


Рис. 1. Структурная блок-схема формирования информационной модели месторождения медно-молибденовых руд

Fig. 1. Block diagram of structure of copper-molybdenum deposit information model

Например, для сложно-структурного месторождения «Эрдэнэтийн-Овоо» (Монголия) построена информационная модель с применением ГИС-технологий на основе произведенной геолого-горно-технологической оценки качества медно-молибденовых руд, которая используется при планировании количества и качества медно-молибденовых руд в соответствии со стандартом обогатительной фабрики (рис. 1).

Мониторинг зарубежных и отечественных программных продуктов, используемых для построения геологических моделей месторождений полезных ископаемых, начиная с 80-х годов XX-го века по настоящее время [14, 16], позволил выделить обобщающие их факторы:

1. Универсальность программных продуктов (например, для всех видов твердых полезных ископаемых).

2. Единообразие применяемых математических методов.

3. Слабая методическая оснащенность.

Оценка качества продукции базируется на комплексном использовании философских категорий качества и количества и учете их диалектической взаимосвязи. Из этой взаимосвязи исходит управление качеством полезных ископаемых при недропользовании.

Проблема управления качеством полезных ископаемых является многопрофильной.

В связи с традиционным назначением геолого-маркшейдерского обеспечения управления качеством полезных ископаемых и возможностью использования ГИС-технологий введено понятие «информационные технологии» [1].

Основными информационными технологиями системы управления качеством полезных ископаемых являются: информационные технологии геологоразведочного процесса; информационные технологии планирования горных работ (подсчет запасов полезных ис-

копаемых, определение плановых потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче); информационные технологии при ведении горных работ (экспресс-опробование в забоях); информационные технологии при транспортировании полезных ископаемых (экспресс-опробование в транспортных емкостях); информационные технологии сортировки (рудоконтролирующие и рудосортирующие станции); информационные технологии предконцентрации (сепарации) полезных ископаемых; информационные технологии усреднения, стабилизации (экспресс-опробование на складах); информационные технологии контроля качества полезных ископаемых перед обогатительной фабрикой (головное опробование) (рис. 2).

Обобщая результаты научных исследований, апробации и производственного опыта внедрения отдельных элементов системы автоматизированного управления качеством различных видов твердых полезных ископаемых с применением ядерно-физических методов [1, 2], можно утверждать, что сегодня и в будущем управление качественно-количественными показателями полезных ископаемых, базирующееся на определении их оптимальных параметров в изменяющихся горно-геологических условиях и экономической ситуации, является основным фактором, который стабилизирует работу горного предприятия.

В России общепринятыми показателями полноты и качества извлечения полезных ископаемых из недр являются потери и разубоживание.

В настоящее время управление полнотой и качеством извлечения полезных ископаемых из недр должно осуществляться на следующих основополагающих положениях:

1. Государственный контроль за рациональным использованием и охраной недр.

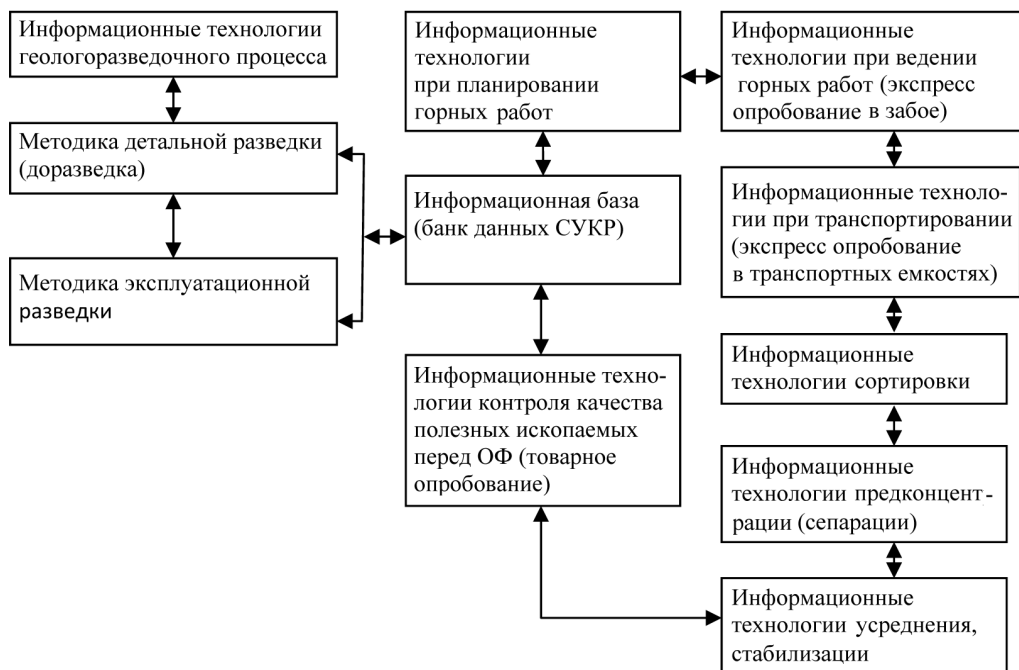


Рис. 2. Структурная схема информационных технологий системы управления качеством полезных ископаемых

Fig. 2. Structure of information technologies in the system of mineral equality control

2. Законодательно-нормативные документы: Закон о недрах; Налоговый кодекс (26 статья, налог на добычу); Лицензия на недропользование.

3. Инструктивно-методические документы по определению и учету потерь и разубоживания различных видов полезных ископаемых при добыче.

4. Разработка программных продуктов с учетом специфических геолого-горно-технологических условий разработки различных видов полезных ископаемых, так как мониторинг зарубежных и отечественных программных продуктов за последние 25 лет, используемых в горном производстве, показал отсутствие в них методик по определению потерь и разубоживания ископаемых при добыче.

На основе обобщения накопленного методического опыта по определению потерь и разубоживания различных видов твердых, россыпных и жидких по-

лезных ископаемых за период с 70-х годов XX-го века по настоящее время [1–8, 15] в 2008 г. по государственному заказу Федерального агентства по недропользованию Минприроды высококвалифицированными специалистами была выполнена работа «Порядок определения нормативных и фактических потерь и разубоживания полезных ископаемых (цветных, благородных, черных металлов, угля, горючих сланцев и горно-химического минерального сырья) при добыче», утверждение которой, позволило бы недропользователям использовать эту работу при ежегодном планировании горных работ и уменьшить риски по оплате налогов за сверхплановые потери.

Современный структурированный подход к управлению полнотой и качеством извлечения полезных ископаемых из недр включает:

1. Общие понятия.

2. Общие методические положения:

- формирование информационной базы;

- классификацию видов потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче в зависимости от источников их образования;

- модель оптимизации потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче в приконтактной зоне;

- методы определения потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче в соответствии с классификацией.

- методы определения потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче с учетом сложности выемочных единиц.

- алгоритм определения потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче на выемочную единицу.

На основе обобщения научно-исследовательских работ [1–18] можно утверждать, что вид полезного ископаемого (цветные, благородные, черные и редкоземельные металлы, общераспространенные, уголь, горючие сланцы, нефть, газ) их физическое состояние (твердые, рассыпные, жидкие и газообразные) влияют на формирование элементов сложной системы «Горное производство», соответственно, на формирование основных научных направлений «Квалиметрии недр», которые взаимосвязаны.

Концептуальная схема решения многопрофильной проблемы оценки качества полезных ископаемых при недропользовании изменилась с усилением процесса взаимоотношения геологии, горного дела и геометрии недр на основе квалиметрии недр.

В условиях глобализации рынка минерального сырья появилась объективная необходимость осуществлять переоценку минерально-сырьевой базы горнодобывающих предприятий с позиций:

прогностичности технического уровня; возможности расширения ассортимента конечной горной продукции; повышения роли сертификации; подтверждения гарантированного качества продукции недропользования; конкурентоспособности; безопасности; экологичности; снижению горных и инвестиционных рисков.

Будущее развитие минерально-сырьевой базы зависит от состояния информационной базы, для создания которой необходимо:

- провести технико-экономическую и геологическую переоценку существующей минерально-сырьевой базы;

- обеспечить финансирование перспективной разведки необходимых видов полезных ископаемых;

- усовершенствовать существующую законодательно-нормативную и методическую базу.

Создание информационной базы минерально-сырьевых ресурсов государства является фундаментом государственного обеспечения охраны и контроля за рациональным и экологически безопасным использованием недр.

К стратегическим направлениям развития науки «Квалиметрия недр» можно отнести:

- Системный подход к освоению месторождений полезных ископаемых с использованием современных кибернетических методов.

- Повышение достоверности информационной базы данных о месторождениях полезных ископаемых.

- Методическое обеспечение комплексного изучения свойств качества полезных ископаемых с целью повышения полноты их извлечения из недр и расширения ассортимента конечной продукции.

- Построение информационной модели качества полезных ископаемых на основе многофакторной геометризации и геолого-технологического картирова-

ния с соответствующим информационным и программным обеспечением.

- Создание автоматизированных систем управления качеством полезных ископаемых с использованием рудоконтролирующих и рудосортировочных комплексов.

- Разработка новых программных продуктов, методически оснащенных, для решения научных задач «Квалиметрии недр».

- Усовершенствование законодательно-нормативной и методической базы для усиления государственного контроля за рациональным использованием минерально-сырьевой базы страны.

В настоящее время наука «Квалиметрия недр» получила международное признание по результатам научных докладов на: Международных симпозиумах «Неделя горняка»; 5–6-ом Международных симпозиумах, г. Белгород, ВИОГЕМ, 1999 г., 2001 г.; «ИННОВ–2007», г. Новочеркасск; «НТТМ–2007» на ВДНХ,

г. Москва; Международной конференции, Болгария, Несебыр, София, 2007 г.; Международном маркшейдерском конгрессе, Венгрия, г. Будапешт, 2007 г.; 6-ой Международной научной конференции «Проблемы освоения георесурсов АТР», Россия, г. Владивосток, 2010 г.; 8-ой Международной научной школе молодых ученых и специалистов, Россия, ИПКОН РАН, 2011 г.; Международном симпозиуме «Маркшейдерское дело в XXI веке», Республика Казахстан, г. Караганда, Карагандинский государственный технический университет, 2011 г.; Международном симпозиуме, Фрайбергская горная академия, г. Фрайберг, 2011 г.; XV-ом Международном конгрессе ISM, Германия, Аахен, 2013 г.; Международной конференции, Болгария, г. Варна, 2014 г.; XIV-ой Международной конференции, Киргизия, Бишкек, 2015 г.; XV-ой Международной конференции, Россия, г. Москва — Сирия, г. Хомс, 2016 г. (с публикацией тезисов доклада).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко В. В. Информационные технологии управления качеством руд на основе геометризации месторождений: дис. д-ра тех. наук. — М., 1996. — 385 с.

2. Попов В. Н., Руденко В. В. и др. Квалиметрия недр: Учебное пособие для вузов. — М.: Изд-во «Академия горных наук», 2000. — 295 с.

3. Попов В. Н., Руденко В. В. и др. Оценки недропользования: Учебное пособие для вузов. — М.: Изд-во «Академия горных наук», 2001. — 296 с.

4. Попов В. Н., Руденко В. В., Бадамсурэн Х., Давадорж Ц. Методы оценки полноты и качества извлечения запасов золота при разработке россыпей в Монголии // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2003. — № 4. — С. 97–99.

5. Руденко В. В., Павлова Ю. А. Стратегия разработки техногенных золотоносных россыпей с учетом полноты и качества извлечения их запасов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2005. — № 11. — С. 124–129.

6. Руденко В. В., Тюрин В. А. Стоимостная оценка полноты и качества извлечения запасов флюоритовых руд при их подземной разработке // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2005. — № 8. — С. 97–99. — деп. рук. № 405/02-05.

7. Руденко В. В., Ахмедов А. М. Квалиметрическая оценка полноты и качества извлечения запасов медно-молибденовых руд при их открытой разработке // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2006. — № 6. — деп. рук. № 462/06-06.

8. Попов В. Н., Руденко В. В., Ганжаргал С., Ахмедов А. М. Методы геолого-горно-технологической оценки запасов медно-молибденовых руд, повышающие полноту и качество их извлечения из недр // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2006. — № 6. — С. 5–14.

9. Руденко В. В., Жданкин С. С. Оценка влияния сегментарных показателей на качество видов конечной продукции углеводородного сырья // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2006. — № 9. — С. 86–92.

10. Руденко В. В. Актуальные задачи Квалиметрии недр // Маркшейдерия и недропользование. — 2010. — № 6. — С. 19–23.
11. Руденко В. В., Афанасьев П. В. Основные направления квалиметрической оценки комплексного использования угля // Маркшейдерия и недропользование. — 2010. — № 6. — С. 24–29.
12. Руденко В. В., Костин А. В., Ведяев А. Ю. Многомерная геометризация при оценке нового генетического типа месторождения серебра Западного Верхоянья (Якутия) // Маркшейдерия и недропользование. — 2010. — № 6. — С. 30–33.
13. Руденко В. В., Жданкин С. С. Взаимосвязь квалиметрии недр с метрологией, стандартизацией и сертификацией углеводородов при недропользовании // Маркшейдерий вестник. — 2011. — № 2. — С. 9–12.
14. Руденко В. В., Павлова Ю. А. Мониторинг интегрированных программных продуктов для решения задач квалиметрии недр // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2012. — № 11. — С. 215–219.
15. Руденко В. В. Теория управления полнотой и качеством извлечения полезных ископаемых из недр. — М.: Изд-во «Горная книга», 2013. — 100 с.
16. Калинин В. М., Руденко В. В. Геометрия недр: Ч.3 Прикладные задачи геометрии недр. — Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. — 347 с.
17. Руденко В. В., Галиулин И. М. Мониторинг недропользования углеводородов — М.: Изд-во «Горная книга», 2016. — С. 306–310.
18. Руденко В. В., Шевчук С. В. Квалиметрическая оценка каменных солей при недропользовании // Горный информационно-аналитический бюллетень. СВ 2. — 2017. — 12 с.
19. Bachmann H. Zur Optimierung des Er Kundungsaufman des unter dem Aspekt des Berbaursikos // Freiberg Forschung, 1967, № 416.
20. Buttner Peter I. R. Systems analysis and model building // Geol. Soc. Amer. Spec. pap. no 416, 1972, pp. 69–86.
21. Park Richard A., Wilkinson John W. System's analysis: multidisciplinary ecosystem model // Geol. Soc. Amer. Spec. pap., no 416, 1972, pp. 47–48. **ИИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Руденко Валентина Владимировна — доктор технических наук, профессор, МГИ НИТУ «МИСиС».

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 6, pp. 5–12.

Concept of development in the science of qualimetry of subsoil

Rudenko V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Abstract. Qualimetry of subsoil as a field of the mining science dealing with evaluation of mineral quality in subsoil management was set in the late 1900s. The science of qualimetry of subsoil is acknowledged in Russia and abroad (Mongolia, Kazakhstan, Uzbekistan, Germany, China, Bulgaria, Hungary, Kirgizia and Syria) as judged by research findings, reports delivered at international symposium and surveying congresses, invited lecturing and grants obtained by students and postgraduates at the Centers for Youth and Technology at the Exhibition of Achievements of National Economy in Moscow, Novocherkassk and in Saint-Petersburg. The article presents the theory, research trends and objectives, the generalized experience of research engineering, the review of foreign and domestic software products over the period from the 1980s up till now, the modern structured approaches to the completeness and quality control in mineral mining based on the accumulated methodical experience on determination of loss and dilution in development of hard mineral deposits, placers and reservoirs, the strategic trends in development of the subsoil qualimetry science and the basic provisions on the national control over efficient use and protection of mineral wealth.

Key words: quality, system, subsoil qualimetry, model, information technology, completeness and quality control, loss, dilution, monitoring.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-6-0-5-12

REFERENCES

1. Rudenko V.V. *Informatsionnye tekhnologii upravleniya kachestvom rud na osnove geometrizatsii mestorozhdeniy* [Information technologies of ore quality control based on geometrization of deposits], Doctor's thesis, Moscow, 1996, 385 p.
2. Popov V.N., Rudenko V.V. *Kvalimetriya nedr: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Qualimetry of subsoil: Higher educational aid], Moscow, Izd-vo «Akademiya gornykh nauk», 2000, 295 p.
3. Popov V.N., Rudenko V.V. *Otsenki nedropol'zovaniya: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Subsoil use estimations: Higher educational aid], Moscow, Izd-vo «Akademiya gornykh nauk», 2001, 296 p.
4. Popov V.N., Rudenko V.V., Badamsuren Kh., Daavadorzh Ts. *Metody otsenki polnoty i kachestva izvlecheniya zapasov zolota pri razrabotke rossypey v Mongolii* [Estimation methods of gold extraction completeness and quality in placer mining in Mongolia]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2003, no 4, pp. 97–99. [In Russ].
5. Rudenko V.V., Pavlova Yu. A. *Strategiya razrabotki tekhnogennykh zolotonosnykh rossypey s uchetoм polnoty i kachestva izvlecheniya ikh zapasov* [Strategy of gold-containing waste management with regard to extraction completeness and quality]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2005, no 11, pp. 124–129. [In Russ].
6. Rudenko V.V., Tyurin V.A. *Stoimostnaya otsenka polnoty i kachestva izvlecheniya zapasov flyuoritovykh rud pri ikh podzemnoy razrabotke* [Cost estimate of extraction completeness and quality in underground mining of fluorite ore]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2005, no 8, pp. 97–99, deposited manuscript, no 405/02-05. [In Russ].
7. Rudenko V.V., Akhmedov A. M. *Kvalimetricheskaya otsenka polnoty i kachestva izvlecheniya zapasov medno-molibdenovykh rud pri ikh otkrytoy razrabotke* [Qualimetry of extraction completeness and quality in open pit mining of copper–molybdenum ore]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2006, no 6, deposited manuscript, no 462/06-06. [In Russ].
8. Popov V.N., Rudenko V.V., Ganzhargal S., Akhmedov A. M. *Metody geologo-gorno-tekhnologicheskoy otsenki zapasov medno-molibdenovykh rud, povyshayushchie polnotu i kachestvo ikh izvlecheniya iz nedr* [Methods of geological and technological appraisal of copper–molybdenum ore reserves towards improved extraction completeness and quality]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2006, no 6, pp. 5–14. [In Russ].
9. Rudenko V.V., Zhdankin S. S. *Otsenka vliyaniya segmentarnykh pokazateley na kachestvo vidov konechnoy produktsii uglevodородного syr'ya* [Estimate of influence of segment-wise indexes on the quality of final hydrocarbon products]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2006, no 9, pp. 86–92. [In Russ].
10. Rudenko V.V. *Aktual'nye zadachi Kvalimetrii nedr* [Actual problems of qualimetry of subsoil]. *Markshheyderiya i nedropol'zovanie*. 2010, no 6, pp. 19–23. [In Russ].
11. Rudenko V.V., Afanas'ev P.V. *Osnovnyye napravleniya kvalimetricheskoy otsenki kompleksnogo ispol'zovaniya uglya* [Basic trends in integrated coal utilization qualimetry]. *Markshheyderiya i nedropol'zovanie*. 2010, no 6, pp. 24–29. [In Russ].
12. Rudenko V.V., Kostin A. V., Vedyayev A. Yu. *Mnogomernaya geometrizatsiya pri otsenke novogo geneticheskogo tipa mestorozhdeniya serebra Zapadnogo Verkhoyan'ya (Yakutiya)* [Multidimensional geometrization in appraisal of new genetic type silver deposit in the west of the Upper Yana River area (Yakutia)]. *Markshheyderiya i nedropol'zovanie*. 2010, no 6, pp. 30–33. [In Russ].
13. Rudenko V.V., Zhdankin S. S. *Vzaimosvyaz' kvalimetrii nedr s metrologiyey, standartizatsiyey i sertifikatsiyey uglevodородov pri nedropol'zovanii* [Interconnection between the qualimetry of subsoil, metrology, standardization and certification of hydrocarbons in subsoil management]. *Markshheyderiy vestnik*. 2011, no 2, pp. 9–12. [In Russ].
14. Rudenko V.V., Pavlova Yu. A. *Monitoring integrirovannykh programmnykh produktov dlya resheniya zadach kvalimetrii nedr* [Monitoring of integrated software products to handle issues of qualimetry of subsoil]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2012, no 11, pp. 215–219. [In Russ].
15. Rudenko V.V. *Teoriya upravleniya polnotoy i kachestvom izvlecheniya poleznykh iskopaemykh iz nedr* [Theory of extraction completeness and quality control in mineral mining], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2013, 100 p.
16. Kalinchenko V.M., Rudenko V.V. *Geometriya nedr: Ch. 3 Prikladnye zadachi geometrii nedr* [Geometry of subsoil: part 3. Applied problems of subsoil geometry], Novocheboksak, YuRGPU (NPI), 2014, 347 p.
17. Rudenko V.V., Galiulin I. M. *Monitoring nedropol'zovaniya uglevodородov* [Monitoring of subsoil use in the area of hydrocarbons], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2016, pp. 306–310.
18. Rudenko V.V., Shevchuk S.V. *Kvalimetricheskaya otsenka kamennykh soley pri nedropol'zovanii* [Qualimetry of rock salts in subsoil use]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special edition 2. 2017, 12 p. [In Russ].
19. Bachmann H. *Zur Optimierung des Er Kundungsaufman des unter dem Aspekt des Berbaurisikos. Freiberg Forschung*, 1967, no 416.
20. Buttner Peter I. R. *Systems analysis and model building. Geol. Soc. Amer. Spec. pap. no 416, 1972, pp. 69–86.*
21. Park Richard A., Wilkinson John W. *System's analysis: multidisciplinary ecosystem model. Geol. Soc. Amer. Spec. pap., no 416, 1972, pp. 47–48.*