

Б.А. Бердалиев

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УРАНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ

Обоснована необходимость разработки информационной системы для планирования, учета, контроля и оптимизации работы основных и вспомогательных процессов добычи и переработки урана на предприятиях АО «НАК «Казатомпром». Разработаны модели оптимизации ведения технологических процессов добычи за счет эффективного проведения ремонтно-восстановительных работ на скважинах, регламента регулирования технологического процесса добычи при внештатных ситуациях, рабочего времени персонала, удельного расхода ресурсов.

Ключевые слова: оптимизация, модель, MES модель, LIMS модель, информационная система, добыча и выщелачивание урана.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-208-214

В связи с тем, что на сегодняшний день конкуренция в сфере добычи и переработки урана возрастает на фоне истощения запасов, острым становится вопрос об организации эффективного и оптимального производства [1–5]. В этой связи, руководством АО «НАК «Казатомпром» (Республика Казахстан) был инициирован проект по разработке и внедрению информационной системы (ИС), целью которой является оптимизация затрат производственной деятельности на дочерних добывающих предприятиях, предназначенной для решения задач планирования, учета и контроля работы основных и вспомогательных процессов добычи и переработки урана.

Цель проекта заключается в получении дополнительной прибыли за счет контроля и оптимизации работы основных и вспомогательных процессов уранодобывающих предприятий, получаемой путем внедрения информационных технологий (в части внедрения MES и LIMS систем). При этом, ИС должна обеспечить полный цикл автоматизации основных производственных процессов компании по добыче и переработке урана и иметь возможность тиражирования ее на дочерние добывающие предприятия [6–9].

Основные задачи реализации проекта заключаются в следующем: поддержка принятия решений по оперативному

управлению предприятием и улучшению условий функционирования технологического процесса, а также повышение надежности, отказоустойчивости и безопасности ведения работ на различных этапах технологического цикла; создание единой базы данных производственной и экономической информации для реализации условий оптимального управления производственными процессами [10]; сокращении ошибок и влияния человеческого фактора, улучшение коммуникаций между подразделениями, персонализация ответственности за результаты производственной деятельности; автоматизированное формирование оперативной производственной отчетности, заполнение форм корпоративной отчетности, создание предпосылок стандартизации и «прозрачности» учета и отчетности параметров технологического процесса, переход на безбумажную технологию [11–15].

**Модель оптимизации ведения технологических процессов добычи за счет эффективного проведения ремонтно-восстановительных работ (РВР) на скважинах**

Проведенный анализ позволил выявить отсутствие на сегодняшний момент системного подхода к построению регламента РВР. В этой связи существует некоторое время простоя откачных скважины с момента начала падения дебита, вне зависимости от показателя содержания урана в продуктивном растворе (ПР), до проведения РВР. Это связано со сложностью проведения оперативного анализа содержания и возможностью выявления «богатых» (с более высоким содержанием урана в ПР) скважин. РВР проводятся на скважинах при выходе их из строя, по принципу первая вышла из строя, первая встала на очередь в ремонт (в частных случаях более богатые

скважины двигают в очереди на ремонт, но это происходит несистемно). Критерием оптимальности модели является количество урана, потерянного за время простоя откачных скважин перед проведением РВР.

Внедрение ИС позволит осуществить своевременное выявление нарушений параметров работы скважин и построить эффективный регламент очередности проведения РВР. Кроме того, внедрение ИС позволит отслеживать параметры работы скважин (объем кислоты, концентрация, давление и т.д.) на всех этапах добычи (закисление/выщелачивание) в автоматическом режиме, при этом применение человеческого фактора будет только на этапе анализа плана очередности РВР, построенного автоматически из ИС по принципу «богатая-бедная». Это позволит снизить время простоя более богатых скважин, так как основной фокус будет сконцентрирован именно на них.

$$SPU_1 = D_{cp} * \delta D_{cp} * C_{cp}^U * n_{РВР} * n * [B_{тек} - B_{РВР}] * 24, \quad (1)$$

где  $SPU_1$  — сокращение потерь урана при наличии ИС за год по категориям скважин, кг;  $D_{cp}$  — средний дебит, м<sup>3</sup>/ч;  $\delta D_{cp}$  — среднее падение дебита при коммутации, %;  $C_{cp}^U$  — среднее содержание U, на скважину, мг/литр;  $n_{РВР}$  — количество РВР на одну скважину в год по категориям, шт;  $n$  — количество скважин, шт;  $B_{тек}$  — простой на текущий момент, дней;  $B_{РВР}$  — простои до РВР при наличии ИС, дней.

$$SPU_{1ИС} = \sum_{i=1}^m SPU_i, \quad (2)$$

где  $SPU_{1ИС}$  — сокращение потерь урана за год при наличии ИС, кг;  $m$  — количество категорий скважин.

$$V_{ПТП}^{Доб} = SPU_{1ИС} + V_{тек}^{Доб}, \quad (3)$$

где  $V_{ПТП}^{Доб}$  — объем ПТП, который можно произвести при тех же расходах при нали-

ции ИС, кг;  $V_{\text{тек}}^{\text{доб}}$  — текущий годовой объем добычи товарного продукта (ТП), кг.

$$C_{\text{ИС}}^{\text{доб}} = ((V_{\text{тек}}^{\text{доб}}) / (V_{\text{ТП}}^{\text{доб}})) * C_{\text{доб}}^{\text{вс}} \quad (4)$$

где  $C_{\text{ИС}}^{\text{доб}}$  — себестоимость добычи текущего объема ТП при наличии ИС, тг;  $C_{\text{доб}}^{\text{вс}}$  — себестоимость добычи ТП всего, тг.

$$k_{\text{эф}}^{\text{доб}} = \sum_{i=1}^N \sigma_{\text{три}}^{\text{доб}} / 2 + \sum_{i=1}^N \sigma_{\text{эни}}^{\text{доб}}, \quad (5)$$

где  $k_{\text{эф}}^{\text{доб}}$  — коэффициент эффективности;  $\sigma_{\text{три}}^{\text{доб}}$  — доля трудозатрат в себестоимости добычи;  $\sigma_{\text{эни}}^{\text{доб}}$  — доля материалов и энергозатрат в себестоимости добычи;  $N$  — себестоимость добычи по каждому предприятию в разрезе каждого года.

$$\mathcal{E}_{\text{сум}}^{\text{доб}} = (C_{\text{доб}} - C_{\text{ИС}}^{\text{доб}}) * k_{\text{эф}}^{\text{доб}}, \quad (6)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{сум}}^{\text{доб}}$  — экономический эффект от добычи всего, тг.

$$\mathcal{E}_{\text{доб}} = (\mathcal{E}_{\text{сум}}^{\text{доб}}) / Q, \quad (7)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{доб}}$  — экономический эффект (сокращение затрат) на 1 кг добытого урана, тг;  $Q$  — выпуск урана, кг.

### Модель оптимизации регламента регулирования технологического процесса добычи при внештатных ситуациях

Проведенный анализ позволил выявить отсутствие регламентированного регулирования отключения скважин при возникновении внештатных ситуаций. При аварии на центральной насосной станции необходимо производить завершение работы скважин за время, не превышающее 45 мин с момента отключения электроэнергии (для предотвращения переполнения резервуара) [15].

В месяц происходит несколько отключений скважин по причине отключения подачи электроэнергии на центральной насосной станции. Критерием оптимальности модели является количество урана, потерянного откачными скважинами при их отключении. Модель позволит реализовать оптимальную очередности отключения скважин. При этом, внедре-

ние ИС позволит отслеживать параметры работы скважин на всех этапах добычи в автоматическом режиме, применение человеческого фактора будет только на этапе анализа плана очередности отключения скважин, построенного автоматически из ИС по принципу «богатая-бедная». Это позволит увеличить время работы более богатых скважин, так как основной фокус будет сконцентрирован именно на них.

$$SPU_2 =$$

$$= N_{\text{мес}}^{\text{эл}} * 12 * D_{\text{ср}} * C_{\text{ср}}^{\text{U}} * n * [T_1 - T_2] / 60, \quad (8)$$

где  $SPU_2$  — сокращение потерь урана при наличии ИС за год по категориям скважин, кг;  $N_{\text{мес}}^{\text{сэл}}$  — количество отключений электроэнергии в месяц, шт;  $D_{\text{ср}}$  — средний дебит, м<sup>3</sup>/ч;  $C_{\text{ср}}^{\text{U}}$  — среднее содержание U, на скважину, мг/литр;  $n$  — количество скважин, шт;  $T_1$  — отключение скважин по очередности с ИС, мин;  $T_2$  — отключение одновременно всех скважин до ИС, мин.

### Модель оптимизации рабочего времени персонала

- Оптимизация рабочего времени персонала по компоненту «Система оперативного управления производством» MES (Manufacturing Execution System).

На сегодняшний момент на предприятии нет централизованного хранилища данных и единого доступа к производственной отчетности. Внедрение ИС позволит сократить время, затрачиваемое производственным персоналом на сбор данных и составление производственных отчетов. Использование инструментов анализа и прогнозирования работы предприятия позволяет оптимизировать работу производства и сократить время принятия управленческих решений.

По компоненту MES:

$$pE^{\text{тек}} = \sum_{i=1}^N E_i * n_{\text{долж}} / 60, \quad (9)$$

где  $pE^{\text{тек}}$  — потенциальная экономия рабочего времени на основе штатного рас-

писания текущего года, чел-час. в день;  $E_i$  — экономия рабочего времени в день для каждой должности, мин;  $N$  — количество позиций соответствующей должности на предприятии;  $n_{\text{долж}}$  — количество специалистов  $i$ -й должности, чел.

$$pE_{\text{прив}}^{\text{тек}} = pE^{\text{тек}} \frac{n_{\text{ср}}^{\text{тек}}}{n^{\text{тек}}}, \quad (10)$$

где  $pE_{\text{прив}}^{\text{тек}}$  — приведенная потенциальная экономия рабочего времени к числу сотрудников соответствующего года, чел-час. в день;  $n_{\text{ср}}^{\text{тек}}$  — среднее количество сотрудников за соответствующий год, чел.;  $n^{\text{тек}}$  — среднее количество сотрудников за текущий год, чел.

$$pE_{\text{общ}} = pE * ЗП_{\text{сред}} * k_{\text{эф}}, \quad (11)$$

где  $pE_{\text{общ}}$  — потенциальная экономия рабочего времени (экономический эффект), тг;  $pE$  — потенциальная экономия рабочего времени, чел-мес в год;  $ЗП_{\text{сред}}$  — средняя заработная плата соответствующего года, тг;  $k_{\text{эф}}$  — коэффициент эффективности.

$$\mathcal{E} = (\mathcal{E}_{\text{сум}}) / Q, \quad (12)$$

где  $\mathcal{E}$  — экономический эффект (сокращение затрат) на 1 кг урана, тг;  $\mathcal{E}_{\text{сум}}$  — экономический эффект, тг;  $Q$  — выпуск урана, кг.

- Оптимизация рабочего времени персонала по компоненту «Система управления лабораторными потоками работ и документов» LIMS (Laboratory Information Management System).

Внедрение ИС и комплексной системы автоматизации процессов лаборатории позволит сократить время, затрачиваемое сотрудниками лаборатории на осуществление операций при проведении лабораторных испытаний и обеспечить оперативный доступ к лабораторным исследованиям всех участников технологического цикла.

По компоненту LIMS:

$$pE^{\text{исп}} = \sum_{i=1}^N m_i * n_{\text{исп}i} * \frac{t^i - t_{\text{ИС}}^i}{60} * 365, \quad (13)$$

где  $pE^{\text{исп}}$  — потенциальная экономия рабочего времени по лабораторным испытаниям, чел-ч в год;  $m_i$  — число операций;  $n_{\text{исп}i}$  — количество исполнителей для каждой операции, чел.;  $N$  — количество типов операций по лабораторным испытаниям;  $t_i$  — время на  $i$ -ю операцию, мин;  $t_{\text{ИС}}^i$  — время на  $i$ -ю операцию при наличии ИС, мин.

$$pE_{\text{год}}^{\text{исп}} = \sum_{i=1}^N m_i * n_{\text{исп}i} * \frac{t^i - t_{\text{ИС}}^i}{60}, \quad (14)$$

где  $pE_{\text{год}}^{\text{исп}}$  — потенциальная экономия рабочего времени по бизнес-процессам, чел-ч в год.

$$pE_{\text{год}}^{\text{пр}} = pE_{\text{исп}} + pE_{\text{год}}^{\text{исп}}, \quad (15)$$

где  $pE_{\text{год}}^{\text{пр}}$  — потенциальная экономия рабочего времени всего по предприятие, чел-ч в год.

$$pE = \frac{pE_{\text{год}}^{\text{пр}}}{n_{\text{рч}}}, \quad (16)$$

где  $pE$  — потенциальная экономия рабочего времени, чел-мес в год;  $n_{\text{рч}}$  — количество рабочих часов в день;  $n_{\text{рд}}$  — количество рабочих дней в месяц.

$$pE_{\text{общ}} = pE * ЗП_{\text{сред}} * k_{\text{эф}}, \quad (17)$$

где  $pE_{\text{общ}}$  — потенциальная экономия рабочего времени (экономический эффект), тг;  $pE$  — потенциальная экономия рабочего времени, чел-мес в год;  $ЗП_{\text{сред}}$  — средняя заработная плата соответствующего года, тг;  $k_{\text{эф}}$  — коэффициент эффективности.

$$\mathcal{E} = (\mathcal{E}_{\text{сум}}) / Q, \quad (18)$$

где  $\mathcal{E}$  — экономический эффект (сокращение затрат) на 1 кг урана, тг;  $\mathcal{E}_{\text{сум}}$  — экономический эффект, тг;  $Q$  — выпуск урана, кг.

### Модель оптимизации удельного расхода ресурсов

На данный момент наблюдаются случаи перерасхода серной кислоты на закисление и выщелачивание после достижения необходимого уровня рН. Связано

это с тем, что кислотность выщелачивающего раствора задается регламентными документами, без учета фактического изменения  $pH$ , которое происходит через 1,5–2 месяца после начала воздействия. На предприятии нет централизованного хранилища данных и единого доступа к данным по химическому состоянию скважин, инструментов мониторинга и контроля расхода ресурсов.

Внедрение ИС позволит своевременное выявлять понижения  $pH$  ниже требуемого уровня, реализовать процедуру мониторинга и детального контроля расхода серной кислоты и оперативно отслеживать в автоматическом режиме параметры работы скважин (объем кислоты, концентрация и т.д.) на всех этапах добычи (закисление/выщелачивание) и своевременно оповещать ответственных лиц о случаях перерасхода ресурсов.

$$k = N/pH, \quad (19)$$

где  $k$  — коэффициент превышения  $pH$  (ниже необходимого уровня) блока за месяц;  $pH$  — кислотность среды, г/л;  $N = 1,5$  для этапа закисления и  $1,75$  для этапа выщелачивания.

$$\Delta k = pH_{\text{мес-1}} * (1 - 1/k), \quad (20)$$

где  $\Delta k$  — превышение кислотности ВР, г/л;  $pH_{\text{мес-1}}$  — кислотность в ВР за предшествующий месяц, г/л.

$$\delta Q = \Delta k / pH * (Q_{\text{зак}} + Q_{\text{выщ}}), \quad (21)$$

где  $\delta Q$  — перерасход кислоты, т;  $Q_{\text{зак}}$  — расход кислоты на закисление, т;  $Q_{\text{выщ}}$  — расход кислоты на выщелачивание, т.

$$\delta Q^{\text{год}} = \sum_{i=1}^N \delta Q_i, \quad (22)$$

$\delta Q^{\text{год}}$  — перерасход кислоты за год, т;  $N$  — количество случаев превышения  $pH$  ниже необходимого уровня за год.

$$\mathcal{E}_{\text{сум}} = \delta Q^{\text{год}} * 1000 * C_{\text{H}_2\text{SO}_4} * k_{\text{эф}}, \quad (23)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{сум}}$  — экономический эффект, тг;  $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  — стоимость серной кислоты, тг/кг;  $k_{\text{эф}}$  — коэффициент эффективности.

Внедрение ИС позволит своевременно выявлять понижения  $pH$  ниже требуемого уровня, реализовать процедуру мониторинга и детального контроля расхода серной кислоты и оперативно отслеживать в автоматическом режиме параметры работы скважин (объем кислоты, концентрация и т.д.) на всех этапах добычи (закисление/выщелачивание) и своевременно оповещать ответственных лиц о случаях перерасхода ресурсов.

Таким образом, предлагаемая ИС будет иметь своим конкурентным преимуществом экономический эффект, который складывается из следующих компонент:

- оптимизации ведения технологических процессов добычи и переработки (отслеживание параметров работы скважин в автоматическом режиме и построение очередности РВР по принципу «богатая-бедная», что позволит сократить время простоя «богатых» скважин);
- оптимизация рабочего времени производственного персонала (отсутствие необходимости сбора данных и составления производственных отчетов, сокращение времени принятия управленческих решений) и сотрудников лабораторий (сокращение времени на лабораторные испытания и выполнение бизнес-процессов);
- сокращение удельных расходов, что позволит выявить потери и причины потерь ресурсов на каждом шаге технологического цикла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаренко С. Н., Ярошук И. В., Ширинкин М. С. Модели и методы выбора структуры информационных комплексов горнопромышленного предприятия с учетом факторов риска // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2009. — № 2. — С. 257.

2. Федунец Н. И., Гончаренко С. Н. Оценка возможности управления производственными параметрами основных технологических циклов горнодобывающего предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2007. — № 9. — С. 230–239.

3. Гончаренко С. Н., Дементьева Е. В. Обзор отечественных и зарубежных исследований по анализу риска возникновения аварийных ситуаций на горном предприятии // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2010. — № 10. — С. 177–185.

4. Гончаренко С. Н., Гетун Д. К. Оценка инвестиционной привлекательности коммерческих проектов освоения подземного пространства // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2006. — № 3. — С. 39–44.

5. Федунец Н. И., Гончаренко С. Н. Проблемы повышения производственного потенциала горнорудных предприятий по добыче медно-никелевых руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2006. — № 9. — С. 189–196.

6. Гончаренко А. Н., Галушка Д. П. Обоснование и выбор управленческих решений предприятия на основе системного анализа факторов риска взаимодействия промышленных объектов / Системный анализ, управление и навигация: тезисы докладов, сборник. — М.: МАИ, 2013. — С. 161–162.

7. Гончаренко А. Н. Разработка методики интеграции информационных технологий в бизнес-процессы горнопромышленного предприятия // Горные науки и технологии. — 2011. — № 11. — С. 17–24.

8. Niehenke E. C. Wireless communications: Present and future // IEEE Microwave Magazine. — 2014. — vol. 15. — no. 2. — pp. 26–35.

9. Andrews J. G., Buzzi S., Choi W., Hanly S. V., Lozano A., Soong A. C., Zhang J. C. What will 5g be? // IEEE Journal on selected areas in communications, 2014, vol. 32, no 6, pp. 1065–1082.

10. Гончаренко С. Оценка эффективности принятия инвестиционных решений на горнодобывающем предприятии в условиях неполноты информации // Управление риском. — 2007. — № 2. — С. 49–52.

11. Смелов А. Ю., Гартман Т. Н. Опыт применения автоматизированной системы оперативного управления предприятиями по производству минеральных удобрений // Химическая промышленность сегодня. — 2010. — № 4.

12. Cherubini U., Mulinacci S., Romagnoli S. A copula-based model of speculative price dynamics in discrete time // Journal of Multivariate Analysis, 2011, vol. 102, no 6. — pp. 1047–1063.

13. Yuehong G., Jiang Y. Analysis on the capacity of a cognitive radio network under delay constraints // IEICE transactions on communications, 2012, vol. 95, no 4, pp. 1180–1189.

14. Gallager R. G. Stochastic processes: theory for applications. Cambridge University Press, 2013.

15. Гончаренко С. Н. Оценка влияния эффективности использования технологического оборудования на результаты производственно — хозяйственной деятельности горнодобывающего предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2007. — № 10. — С. 194–202. **ИИАС**

## КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Бердалиев Бауыржан Алмаханович — соискатель,  
e-mail: b.berdaliev65@mail.ru, НИТУ «МИСиС».

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 2, pp. 208–214.

**B.A. Berdaliev**

## **ENHANCEMENT OF URANIUM MINE EFFICIENCY BASED ON MODELING AND OPTIMIZING PRODUCTION AND PROCESSING OF PREGNANT SOLUTIONS**

The article substantiates the necessity of an information system for planning, recording, controlling and optimizing basic and auxiliary processes in uranium production and processing in mines of Kazatomprom National Atomic Company. The project is aimed at receiving extra profit from intro-



duction of information technologies with MES and LIMS systems. The project objectives are set to improve process performance, reliability, fault-tolerance and safety of mining at various stages of technology cycle, as well as to abate errors and human-factor effect, to upgrade communication between mine divisions and to achieve personalized responsibility for the production results.

In order to succeed with the set aim and objectives, the optimization models are developed for technological processes, including efficient damage control in drill holes, procedural rules for abnormalities, personnel action time and specific consumption of resources.

Key words: optimization, model, MES model, LIMS model, information system, uranium production and leaching.

---

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-208-214

## AUTHOR

Berdaliyev B.A., Applicant,  
e-mail: b.berdaliyev65@mail.ru,  
National University of Science and Technology «MISiS»,  
119049, Moscow, Russia.

## REFERENCES

1. Goncharenko S.N., Yaroshchuk I.V., Shirinkin M.S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2009, no 2, pp. 257.
2. Fedunets N.I., Goncharenko S.N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2007, no 9, pp. 230–239.
3. Goncharenko S.N., Dement'eva E.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2010, no 10, pp. 177–185.
4. Goncharenko S.N., Getun D.K. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2006, no 3, pp. 39–44.
5. Fedunets N.I., Goncharenko S.N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2006, no 9, pp. 189–196.
6. Goncharenko A.N., Galushka D.P. *Sistemnyy analiz, upravlenie i navigatsiya: tezisy dokladov, sbornik* (System analysis, control and navigation: abstracts collection), Moscow, MAI, 2013, pp. 161–162.
7. Goncharenko A.N. *Gornye nauki i tekhnologii*. 2011, no 11, pp. 17–24.
8. Niehenke E.C. Wireless communications: Present and future. *IEEE Microwave Magazine*. 2014, vol. 15, no. 2, pp. 26–35.
9. Andrews J.G., Buzzi S., Choi W., Hanly S.V., Lozano A., Soong A.C., Zhang J.C. What will 5g be? *IEEE Journal on selected areas in communications*, 2014, vol. 32, no 6, pp. 1065–1082.
10. Goncharenko S. *Upravlenie riskom*. 2007, no 2, pp. 49–52.
11. Smelov A.Yu., Gartman T.N. *Khimicheskaya promyshlennost' segodnya*. 2010, no 4.
12. Cherubini U., Mulinacci S., Romagnoli S. A copula-based model of speculative price dynamics in discrete time. *Journal of Multivariate Analysis*, 2011, vol. 102, no 6, pp. 1047–1063.
13. Yuehong G., Jiang Y. Analysis on the capacity of a cognitive radio network under delay constraints. *IEICE transactions on communications*, 2012, vol. 95, no 4, pp. 1180–1189.
14. Gallager R.G. *Stochastic processes: theory for applications*. Cambridge University Press, 2013.
15. Goncharenko S.N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2007, no 10, pp. 194–202.

