

# ОТРАСЛЕВЫЕ И МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ КОМПЛЕКСЫ

УДК 338.27

А. И. Татаркин, С. В. Корнилков, В. Л. Яковлев, Е. А. Орлова

## ПРОГНОЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЯХ НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА<sup>1</sup>

*Приведены прогнозные данные по освоению минерально-сырьевой базы некоторых территорий Уральского региона. Охарактеризованы перспективные траектории развития минерально-сырьевого комплекса субъектов РФ, на основе чего выделены группы регионов — сохраняющих, снижающих, повышающих уровень сырьевой специализации или диверсифицирующих свою экономику. Проиллюстрированы особенности прогнозирования технологического развития в горнодобывающих отраслях в период плановой экономики СССР. Приведены показатели успешно работающих железорудных карьеров.*

*Обоснован рост внутрироссийского спроса на сырье, для удовлетворения которого необходимы соответствующая налоговая политика для инновационных производств, корпорационная инновационная политика, создание фонда содействия горному производству, коммерциализация научных разработок и разработка регламентов в сфере научно-технического прогресса.*

*Выделены особенности технологического развития горнодобывающих отраслей промышленности: необходимость модернизации действующих предприятий и освоения месторождений в регионах с недостаточно развитой инфраструктурой и возможность использования при прогнозировании нового системного методического подхода.*

*Раскрыты этапы формирования основ эффективного освоения месторождений и параметров развития горных предприятий. Проанализированы составляющие прогноза технологического развития. Приведены мировые тенденции развития горнодобывающей промышленности и основные направления прогноза развития горнодобывающих отраслей. Детально проанализированы новые эффективные технологии, используемые в горнодобыче.*

**Ключевые слова:** горнодобывающие отрасли, технологическое развитие, инновации, модернизация, прогноз производства, инфраструктура

Прогнозирование технологического развития в горнодобывающих отраслях промышленности является одним из звеньев промышленной политики, необходимым условием системного подхода к выработке стратегии освоения недр и играет существенную роль в выработке долгосрочной стратегии развития горного производства [7].

На необходимость использования накопленного опыта долгосрочного прогнозирования и учета современных экономических проблем при

определении перспектив развития экономики России на ближайшие 20 лет указывалось в работе Института народнохозяйственного прогнозирования РАН еще в 2008 г. [2].

В свое время академик Н. В. Мельников отмечал: «Прогноз развития горной промышленности на 20–30 лет должен ответить на вопросы о масштабах будущей добычи полезных ископаемых, размерах развития того или иного региона, преобладающем способе разработки (открытый или подземный), предпочтительной годовой производительности горных предприятий, видах горной техники, возможных экономических показателях и т. д.» [5]. По большинству указанных

<sup>1</sup> Статья подготовлена в рамках Программы РАН №34 «Прогноз потенциала инновационной индустриализации России».

Таблица 1

## Состояние и уровень сырьевой специализации некоторых субъектов РФ

Субъект РФ	Варианты развития	2005 г.		2010 г.		2033 г. (прогноз) <sup>3</sup>	
		Доля ВДС МСБ в ВРП региона, %	Ранг <sup>4</sup>	Доля ВДС МСБ в ВРП региона, %	Ранг	Доля ВДС МСБ в ВРП региона, %	Ранг
Республика Башкортостан	действующий <sup>1</sup>	12,7	14	11,2	17	5,1	17
	планируемый <sup>2</sup>	12,7	14	11,4	17	13,6	20
Республика Татарстан	действующий	30,9	6	20,6	11	5,2	16
	планируемый	30,9	6	20,6	12	13,0	22
Оренбургская область	действующий	37,0	3	28,7	6	9,3	11
	планируемый	37,0	3	29,6	8	12,9	23
Свердловская область	действующий	4,4	25	3,3	28	1,8	23
	планируемый	4,4	25	3,5	27	2,3	31
Челябинская область	действующий	0,9	35	2,2	31	0,6	29
	планируемый	0,9	35	2,9	29	2,6	29

Примечания:

<sup>1</sup> Прогнозная оценка производилась по инерционному сценарию на основе имеющихся тенденций в развитии.

<sup>2</sup> Прогнозная оценка выполнена на основе информации о планируемом освоении месторождений, имеющейся в стратегических планах регионального социально-экономического развития.

<sup>3</sup> Прогнозная оценка до 2033 г. основана на данных ВСЕГЕИ о планируемых к освоению месторождений полезных ископаемых в субъектах РФ.

<sup>4</sup> Место региона по показателю в числе сорока субъектов РФ, попавших в выборку.

направлений обоснованные Н. В. Мельниковым и другими учеными еще в середине XX в. пути и масштабы развития горнодобывающих отраслей промышленности в СССР нашли реальное воплощение. В том числе: преимущественное развитие открытого способа разработки, строительство крупных горно-обогатительных комбинатов в железорудной промышленности, угольных разрезов большой производительности, создание комплексов выемочно-погрузочного и транспортного оборудования и др.

Эффективность освоения минерально-сырьевой базы во многом зависит от степени ее увязки с направлениями долгосрочного социального и экономического развития регионов России, а также комплексности использования георесурсов, заключающейся в отказе от ресурсозатратных и широком применении ресурсосберегающих технологий [1].

При прогнозировании технологического развития горнодобывающих отраслей и выделения первоочередных объектов освоения российских недр могут использоваться оценки, приведенные в капитальном труде, выполненном коллективами ВСЕГЕИ и ИЭ УрО РАН [6].

С целью определения перспектив влияния МСБ на региональное развития сотрудниками Института экономики УрО РАН и ВСЕГЕИ в 2010 г. был проведен анализ региональных стра-

тегий сорока субъектов РФ, в экономике которых в большей или меньшей степени задействована МСБ. На основе результатов анализа можно сделать вывод, что перспективы территориального развития региональными властями во многом видятся в диверсификации производства. Данный вывод в какой-то мере подтверждает сравнение ретроспективы и прогнозной оценки освоения минерально-сырьевой базы различных регионов. В качестве примера в табл. 1 приведены прогнозные данные по освоению МСБ нескольких территорий Уральского региона [3].

По полученным данным можно охарактеризовать перспективные траектории развития каждого из субъектов РФ и сгруппировать их по следующим блокам:

1. Регионы, сохраняющие уровень сырьевой специализации (Белгородская область, Республика Коми, Астраханская область, Республика Башкортостан, Ненецкий АО, Приморский край, Республика Саха Якутия, Хабаровский край).

2. Регионы, снижающие уровень сырьевой специализации (Республика Татарстан, Пермский край, Оренбургская область, Томская область).

3. Регионы, повышающие уровень сырьевой специализации (Забайкальский край, Красноярский край, Кемеровская область, Иркутская

Показатели успешно работающих железорудных карьеров

Показатель	ГОК							
	Михайловский		Ковдорский		Качканарский		Костамукшский	
	1990	2011	1990	2011	1990	2011	1990	2011
% освоения проектной мощности по товарной руде	97,2	136,2	1000,0	95,9	117,7	100	100,0	99,8
% освоения проектной мощности по сырой руде	96,6	103,6	100,0	104,5	108,6	100	98,0	100
Добыча сырой руды, млн т	38,0	48,2	16,4	16,2	45,0	54,1	23,6	31,7
В том числе ЦПТ, млн т	—	—	14,2	16,3	—	—	—	—
Добыча горной массы, млн т	97,9	130,9	65,2	48,3	71,9	70	70,8	132,1
Глубина карьера по замкнутому контуру, м	195,0	350,0	211,0	381	109,0	170	240,0	300
С нагорной частью, м	—	—	319,0	502	—	290	—	—
Годовая производительность среднесписочного станка, тыс. м	22,0	42,3	37,0	57,1	34,9	43,2	38,4	61,7
Средняя вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	8,4	8,9	8,0	8,8	8,0	10,0	7,9	10,7
Производительность среднесписочного экскаватора на 1 м <sup>3</sup> ковша, тыс. м <sup>3</sup>	117 155 164*	142,7 152,9 180,2*	143,0	117,2	110 153 99 *	92,4 127,7 120,7*	144,0	132,9
Средняя грузоподъемность автосамосвала, т	84,3	103,9	106,3	121	42,0	59,2	108,0	141,7
Средневзвешенное расстояние перевозок, км	2,2	2,1	4,0	3,6	1,3	1	2,9	3,0
Производительность среднесписочного самосвала на 1 т его грузоподъемности тыс. т/год	9,7	17,1	7,3	10,5	14,7	20,6	8,5	12,9

область, Республика Тыва, Республика Хакасия, Камчатский край, Республика Бурятия, Мурманская область, Астраханская область, Амурская область, Сахалинская область, Еврейская автономная область, Магаданская область, Ненецкий АО, Курская область, Чукотский автономный округ, Алтайский край).

4. Регионы, имеющие незначительный уровень развития МСБ и связывающие перспективы с диверсификацией экономики (Архангельская область, Республика Дагестан, Кабардино-Балкарская Республика, Ставропольский край, Волгоградская область, Новосибирская область, Свердловская область, Челябинская область, Алтайский край, Омская область).

В рамках регионального развития основным источником пополнения доходов региональных и муниципальных бюджетов служит региональное производство.

Традиционным подходом к анализу уровня развития российских регионов является исследование основных экономических показателей. Анализ изменения ВРП позволяет оценить динамику хозяйственной деятельности в регионе.

Особенности прогнозирования технологического развития в горнодобывающих отраслях в период плановой экономики можно проиллюстрировать на примере горных предприятий Минчермета СССР, прогноз развития которого был выполнен в 1987 г. на период 1990–2010 гг.

Не сравнивая пока прогнозные и фактические технико-экономические показатели по состоянию на 2010 г., следует отметить ряд особенностей прогноза того времени:

— объемы производства товарной железорудной продукции диктовались планами производства стали и распределялись между горными предприятиями в соответствии с утвержденными проектами развития отдельных предприятий, а объемы добычи сырой руды и горной массы — содержанием железа, показателями его извлечения в обогащительном переделе и коэффициентами вскрыши;

— в технологическом развитии предусматривалось постепенное увеличение доли циклично-поточной технологии при сокращении преимущественного открытого способа разработки месторождений.

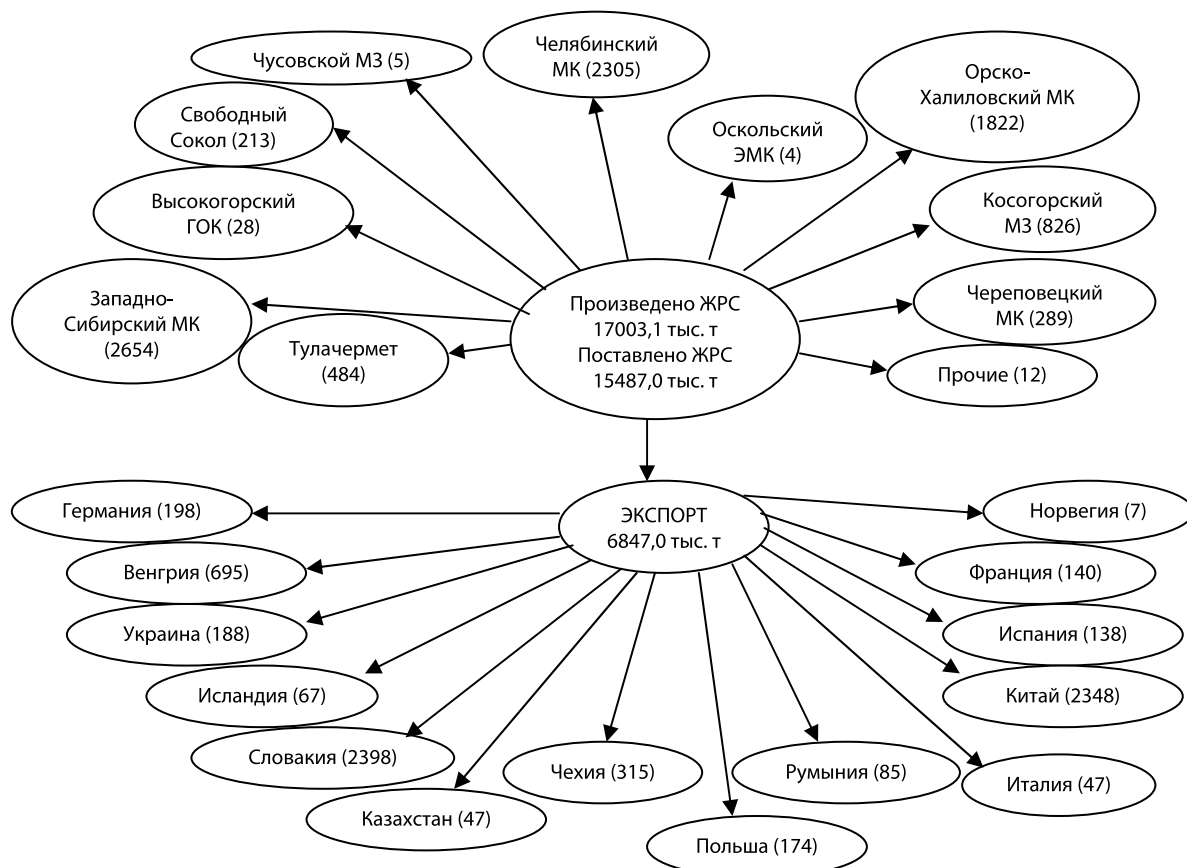


Рис. 1. Производство и поставки железорудного сырья Михайловским ГОКом в 2010 г. (тыс. т)

Учитывая, что в силу известных причин в связи с резким падением объемов производства в период с 1990 по 2000 гг. многие прогнозируемые показатели 1995, 2000, 2005 гг. не подтвердились, следует подчеркнуть как положительный факт, на ряде ведущих успешно работающих предприятий к 2011 г. многие показатели 1990 г. значительно превысили показатели 1990 г. (табл. 2) [8].

Увеличение объемов производства товарной продукции железорудного сырья рядом ГОКов связано с тем, что в условиях глобализации экономики предприятия поставляют продукцию не только на многие отечественные металлургические предприятия, но и на экспорт (рис. 1, 2).

Прогнозируемые темпы роста валового внутреннего продукта в России влекут за собой сохранение, а по ряду стратегических видов минерального сырья и существенное увеличение спроса на сырьевые ресурсы, что возможно лишь при интенсивном освоении запасов месторождений, расположенных в более сложных природно-климатических и экономико-географических условиях.

По мнению Высшего горного совета НП «Горнопромышленники России», для обеспече-

ния технологической готовности горнопромышленного комплекса к эффективному функционированию в условиях вступления России в ВТО необходимы:

- переход на принципиально новые технологии поиска, разведки, добычи и транспортировки сырья с использованием современных технических средств на основе активной национальной инновационной политики, включающей расширение налоговых преференций инвесторам в новые технологии, в том числе исключение из налогооблагаемой базы инвестиций, направляемых предприятиями на разработку и освоение производства новой техники;

- создание организационно-экономических условий для реализации более активной корпорационной инновационной политики при освоении ресурсов минерального сырья на основе преимущественного развития современных отечественных технологий, оборудования и сервисной службы, подготовки специалистов, в том числе с привлечением иностранного капитала;

- подготовка обоснований по вопросу направления части валютной выручки и налоговых платежей горнодобывающих предприятий на поддержку Фонда содействия развитию гор-

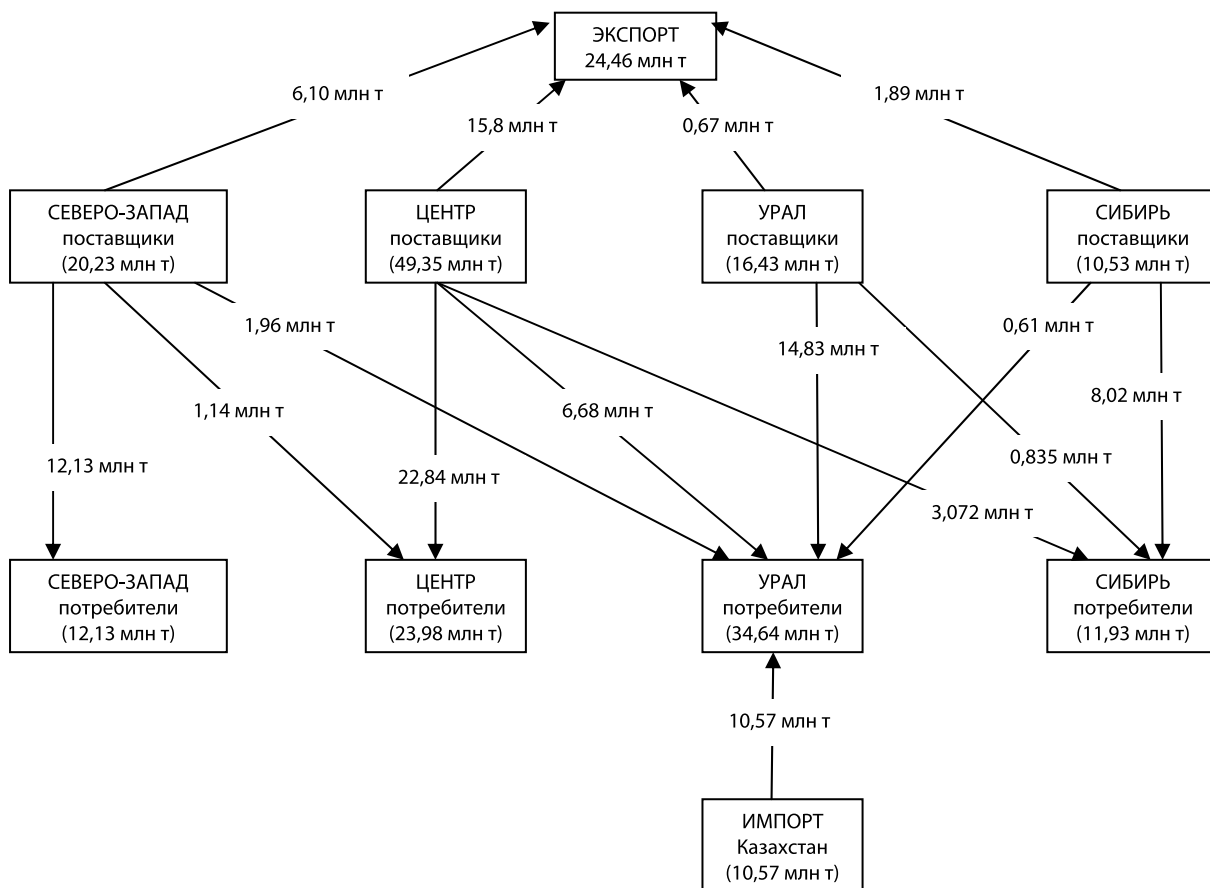


Рис. 2. Поставки железорудного сырья по регионам России в 2010 г.

ного производства и горных наук, других важнейших национальных центров горной науки, а также программы кооперации организаций комплекса с использованием потенциала ВПК для проведения НИОКР, имеющих приоритетное межотраслевое значение;

— использование в качестве важнейшего фактора наращивания и эффективного использования минерально-сырьевой базы реализации современных методов управления инновационной деятельностью, координации потенциала фундаментальной, вузовской и отраслевой науки с выходом на коммерциализацию научных разработок, в том числе обеспечивающих полноту и комплексность добычи и переработки запасов минерального сырья;

— обоснование предложений о дополнительных мерах правового и экономического характера, стимулирующих разработку и реализацию целевых программ, технологических регламентов и национальных стандартов в сфере научно-технического прогресса и промышленной безопасности горного производства.

Переходный период от плановой к рыночной экономике в России практически завершен,

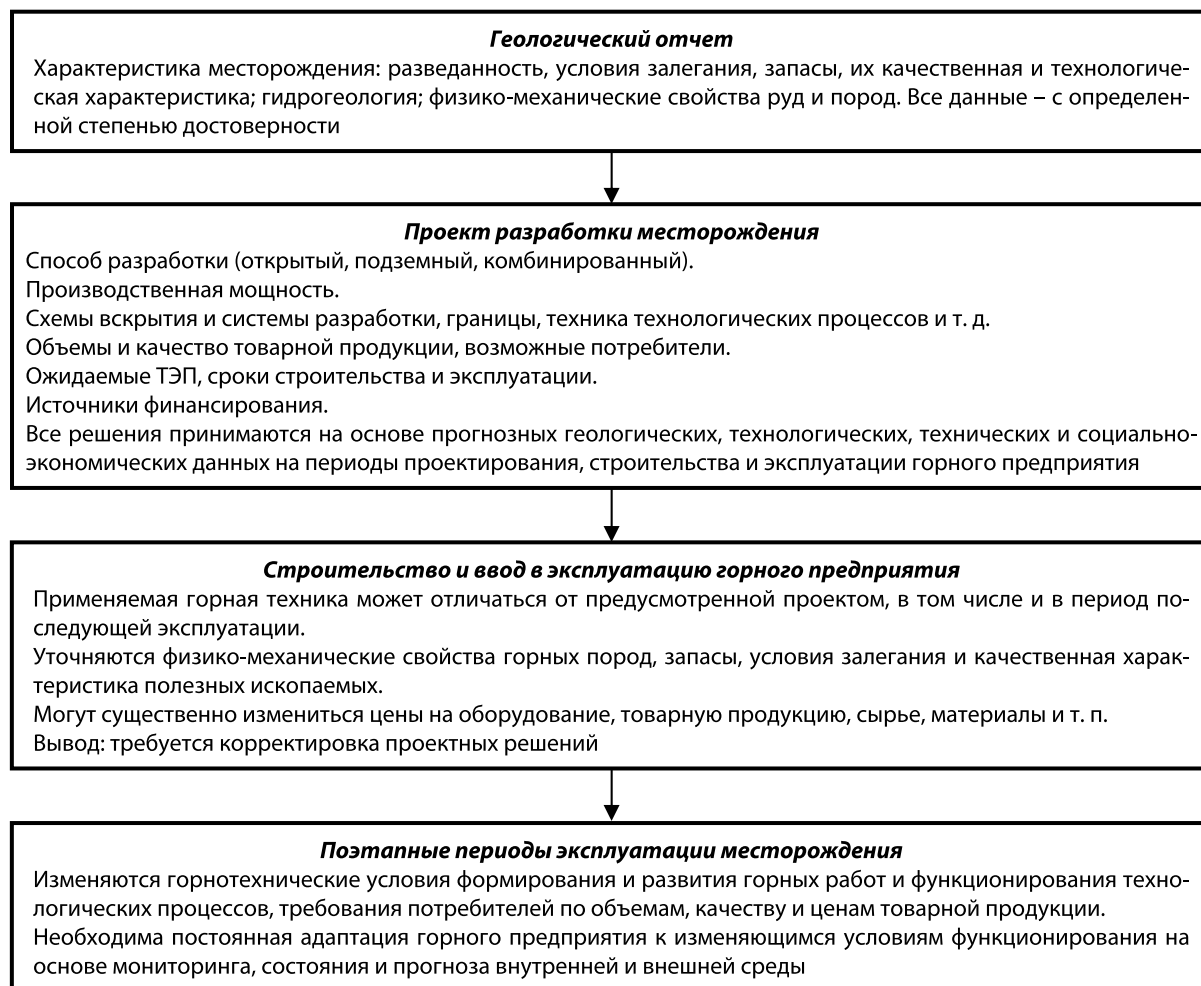
и сейчас есть возможность сформулировать и методически оформить принципиально новые подходы к выбору стратегии технологического развития минерально-сырьевого комплекса и горнодобывающих отраслей промышленности.

На современном этапе прогнозирования следует учесть три основных особенности технологического развития в горнодобывающих отраслях промышленности:

#### 1. На действующих предприятиях:

— модернизация оборудования, необходимость которой обусловлена двумя основными факторами: большой долей морально и физически устаревшего оборудования и возможностью выбора на мировом рынке его образцов, наиболее соответствующих специфическим горнотехническим условиям конкретного горного предприятия;

— необходимость совершенствования параметров технологических процессов, а также схем вскрытия и систем разработки с учетом того, что при проектировании в силу ограниченности информации и действовавших в период плановой экономики норм и правил технологического оборудования невозможно было исполь-



**Рис. 3.** Этапы формирования основ эффективного освоения месторождений и параметров развития горных предприятий

зовать методы прогнозирования, доступные в настоящий период;

— необходимость вскрытия глубоких горизонтов, в том числе с учетом изменения предельной глубины открытых горных разработок и перехода на подземную или комбинированную разработку месторождений.

2. Освоение месторождений в новых (в том числе северо-восточных) регионах с недостаточно развитой инфраструктурой, дефицитом кадров, источников энергии, производств, перерабатывающих исходное минеральное сырье.

3. Возможность использования при прогнозировании технологического развития нового методического подхода, сформировавшегося в последние годы при выполнении конкурсных проектов фундаментальных исследований программно-целевого метода, основанного на принципах системности, комплексности, междисциплинарности и инновационной направленности [4, 9, 10].

Основы эффективного освоения месторождений полезных ископаемых закладываются на нескольких этапах формирования и развития параметров горных предприятий (рис. 3).

Все приведенные в геологическом отчете данные о запасах и параметрах месторождения являются прогнозируемыми с определенной степенью достоверности.

В процессе проектирования в условиях неполноты геологической информации принимаются решения о способе разработки месторождения, схеме вскрытия и системе разработки, объемах производства, способах и технологии обогащения и т. д.

В процессе эксплуатации месторождения уточняются запасы и параметры залежей, соответствие применяемой горной техники прогнозируемым условиям ее применения, изменяются требования потребителей по объемам, качеству и цене товарной продукции предприятия, что требует выработки стратегии его дальнейшего

инновационного развития на основе как можно более полной и надежной информации.

Важным методическим приемом в решении многих горно-экономических задач в 60–70 г. XX в. являлся учет фактора времени, что в принципе не потеряло своей актуальности и в настоящее время. Однако эффект при реализации принятого с учетом фактора времени решения может быть достигнут только в том случае, если прогноз экономических параметров (снижение или рост цен и затрат на энергию, сырье и др. статьи, рост производительности труда, машин и механизмов и т. п.) в рассматриваемом периоде эксплуатации месторождения подтвердится.

При принятии решений, связанных с освоением месторождений, необходим учет и прогноз:

- условий залегания месторождения; запасов, их характеристики и закономерности колебания свойств в контурах будущего карьера (шахты, рудника);

- возможностью комплексного освоения многокомпонентных руд и использования вмещающих пород;

- изменений горнотехнических условий в процессе развития горных работ с целью оптимизации последовательности формирования схемы вскрытия, транспортной системы карьера (рудника);

- состояния и перспектив развития горного, транспортного и обогатительного оборудования и формирования на этой основе комплексов технологических процессов;

- сложившейся инфраструктуры в районе осваиваемого месторождения и перспективы его комплексного горнопромышленного развития;

- перспектив изменения цен на продукцию горного предприятия и потребляемую энергию, сырье, материалы и т. п.

Прогноз технологического развития в горнодобывающих отраслях промышленности должен включать:

1. Объемы добычи и производства основных видов минерального сырья на перспективу (15–20 лет).

2. Изменения в территориальном размещении действующих и перспективных предприятий, разрабатываемых введенные в эксплуатацию и вновь осваиваемые месторождения.

3. Возможные изменения в соотношении объемов добычи, производства товарной продукции и объемов выемки горной массы различ-

ными способами разработки месторождений: открытый, подземный, комбинированный.

4. Перспективы развития основных технологических процессов производства горных работ: экскавация, транспорт, отвалообразование, буро-взрывные работы.

5. Возможные изменения в системах разработки, схемах вскрытия, способах управления качеством добываемого сырья, влияющих на обоснование перспективных направлений технологического развития в различных отраслях и процессах горного производства.

6. Основные факторы, учет которых влияет на обоснованность и достоверность прогноза технологического развития в горнодобывающих отраслях промышленности:

- состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы в различных отраслях и видах минерального сырья;

- геологические, горнотехнические и природно-климатические условия разработки месторождений и производства горных работ;

- состояние и перспективы комплексного использования недр и добываемого минерального сырья;

- возможные изменения в подходах к организации предприятий открытого типа, комплексному освоению территорий с созданием единых систем инфраструктуры и т. п.;

- возможности и перспективы развития смежных отраслей промышленного производства горных машин и оборудования, отвечающих специфическим условиям конкретных месторождений и горных предприятий;

- возможности и перспективы энерго- и ресурсосбережения в горнодобывающих отраслях промышленности.

7. Сводный перечень основных показателей, характеризующих состояние и прогноз их изменения по периодам 2010 г. — 2015 г. — 2020 г. — 2025 г. — 2030 г.

Мировые тенденции развития горнодобывающей промышленности сводятся к следующему:

- восстановление к 2010 г. докризисного уровня добычи, спад производства в отрасли был преодолен в 2009 г., мировую горнодобывающую промышленность впоследствии ожидает рост спроса на минеральное сырье (до 5% ежегодно) благодаря интенсивному развитию Китая и других развивающихся стран, что может вызвать дефицит предложения сырья и рост цен на основные его виды;

— сокращение в кризисный период добывающими компаниями затрат на геологоразведочные работы и развитие минерально-сырьевой базы;

— постоянная модернизация парка карьерного погрузочного и транспортного оборудования за счет увеличения единичной мощности и совершенствования основных технических характеристик: экскаваторы вместимостью ковша более 20–40 м<sup>3</sup>, автосамосвалы грузоподъемностью свыше 250–300 т, буровые станки массой более 100 т и широким набором бурового инструмента (диаметром 120–350 мм);

— расширение доли циклично-поточной технологии со сборочным автомобильным транспортом при разработке рудного сырья.

— Основные направления прогноза технологического развития горнодобывающих отраслей сводятся к следующему:

1. Повышение производительности труда и эффективности горнодобывающего производства достигается масштабным обновлением парка основного горнодобывающего и обогатительного оборудования.

Необходимо внедрять на горные работы оборудование с новыми технологическими свойствами, такое как:

— гидравлические экскаваторы (прямая и обратная лопата с емкостью ковша 10÷30 м<sup>3</sup>) для работы в сложных забоях и селективной выемки полезного ископаемого;

— карьерные автосамосвалы с шарнирно-сочлененной рамой грузоподъемностью до 300 т, обладающие повышенной маневренностью и меньшими радиусами разворота по сравнению с обычными автосамосвалами (для сокращения объемов горно-капитальных работ при строительстве автодорог в карьере).

— на буровзрывных работах использовать буровые станки с гидроприводом основных технологических операций на основе единого первичного дизельного двигателя, что обеспечивает станку меньшую массу, возможность широкого регулирования характеристик, удобство в управлении и несложное обслуживание.

— опережающее внедрение инновационных решений в области управления качеством минерального сырья, среди них:

— технологии предобогащения минерального сырья в карьере, в том числе с помощью грохочения руды на колосниковых грохотах на перегрузочных пунктах, позволяющие еще в карьере от-

сечь из сырьевого потока бедные руды и разубоживающие породы; для ряда полезных ископаемых (асбест — подрешеточный продукт) поднять содержание полезного компонента в 1,5–2 раза;

— технологии управления качеством взорванного минерального сырья;

— устройства для экспрессного опробования минерального сырья в транспортных сосудах;

— отдельная добыча и переработка типов и сортов руд.

2. В технологиях рудоподготовки шире использовать «сухие» методы дробления, измельчения (в том числе сверхтонкого), обеспечивающие оптимальное раскрытие полезных минералов при минимизации энергоемкости операций; в крупнокусковом обогащении — высокопроизводительные методы радиометрического, магнитного, гравитационного обогащения, в глубоком обогащении — магнитное обогащение на аппаратах с постоянными магнитами, «сухие» методы гравитации, электрическая сепарация, селективная флотация.

3. Внедрение технологий комплексного извлечения ценных компонентов из полиметаллических руд, а также комплексное использование вскрышных пород и отходов обогащения для производства строительных материалов (кубовидного щебня, строительного буттового камня, минеральной ваты и др.).

Важным направлением технологического развития в горнодобывающих отраслях является создание инновационных технологий глубокой переработки руд и отходов производства.

Титаномагнетитовые руды Качканарских месторождений являются комплексным железованадиевым сырьем, производство железа из которого осуществляется металлургическими методами, а получение ванадия — выщелачиванием ванадиевого шлака на ОАО «Ванадий-Тулачермет» и «Чусовской завод» по сложной энергозатратной гидрохимической технологии.

В ИГД УрО РАН разработан гидрометаллургический способ выщелачивания преимущественно ванадия из шлака, основанный на использовании тепла реакции шлак — водный раствор серной кислоты, оборота технологических реагентов Mg(OH)<sub>2</sub> и NaOH и утилизации осадка гипса для изготовления гипсокартона, алебаstra и др. (положительное решение на выдачу патента по заявке Ф. Ф. Борискова №20101366909/03(051973), а также разработаны процессы подземного выщелачивания ме-

таллов из хвостов обогащения сульфидных руд с использованием тепла недр Земли и давления (Ю. В. Волков, Ф. Ф. Борисков, И. В. Соколов, Ю. Г. Антипин, патент №2385956 «Способ подземного выщелачивания сульфидосодержащих материалов», Ф. Ф. Борисков патент №2429303 «Способ подземного выщелачивания полезных компонентов из сырья»).

Перспективность гидрометаллургических методов подтверждается также тем, что освоение не возобновляемых природных ресурсов (разработка месторождений полезных ископаемых) сопровождается негативным воздействием на окружающую среду, переработка возобновляемых источников сырья (отходов производства) характеризуется снижением экологической напряженности в горно-промышленных регионах.

Исчерпание потенциала открытой геотехнологии при освоении ряда глубокозалегающих рудных месторождений актуализирует переход к подземному способу разработки, при этом некоторый период времени разработка ведется комбинированным способом. Применяемые в настоящее время комбинированные геотехнологии не учитывают влияние негативных специфических факторов, что приводит к повышенным издержкам при вскрытии и очистной выемке запасов переходных зон. Поэтому актуальным является прогноз технологического развития подземной геотехнологии при комбинированной разработке рудных месторождений на основе энергосбережения и модернизации. В результате исследований установлены перспективные варианты вскрытия и очистной выемки подземных запасов на примере комбинированной разработки глубокозалегающего (500 м) крутопадающего (50 м) мощного (40 м) медноколчеданного месторождения.

1. Установлена эффективность нового энергосберегающего способа вскрытия автомобильным уклоном из карьера в сравнении с традиционным вскрытием вертикальным стволом с поверхности за счет использования карьерного пространства и оборудования. Так, при глубине карьера от 200 до 440 м суммарные капитальные затраты на горно-капитальные работы (ГКР) и эксплуатационные затраты на подъем руды при вскрытии автоуклоном до 1,5 раз меньше, чем при вскрытии вертикальным стволом. Эффект достигается путем снижения капитальных затрат на ГКР (используется более дешевый способ проходки слабонаклонных выработок

вместо вертикальных) и оптимизации эксплуатационных затрат на подъем руды на поверхность (используется более производительное карьерное транспортное оборудование).

2. Установлено, что перспектива модернизации технологии очистной выемки переходных зон определяется использованием карьерного бурового оборудования, формированием изолирующих рудных или искусственных монолитных массивов и применением систем разработки с закладкой выработанного пространства. Так, прибыль при разработанном варианте этажно-камерной системы разработки под рудным изолирующим целиком с отбойкой руды методом вертикальной кратерной выемки до 30% выше, чем при базовом варианте создания искусственного изолирующего целика системой горизонтальных слоев. Эффект достигается за счет снижения энергетических затрат на процессы отбойки путем применения карьерных буровых станков и выпуска и доставки руды путем нейтрализации отрицательного действия активных аэродинамических связей.

3. Установлено, что восходящий способ подземной разработки в определенных условиях имеет технологические и экономические преимущества перед традиционным нисходящим и должен рассматриваться на стадии формирования стратегии освоения месторождения. Экономико-математическое моделирование показало, что максимум ЧДД имеет вариант поэтапного вскрытия автомобильным уклоном из карьера и нисходящей отработки. Эффект достигается за счет быстреего ввода в эксплуатацию рудника (на 4-й год), рассрочки во времени капложений на строительство нижних этажей (9-й, 15-й и 21-й год), более низких капзатрат. При вскрытии вертикальными стволами эффективнее восходящая выемка.

4. Анализ освоения медноколчеданных месторождений Урала показал, что опыт применения физико-химической геотехнологии в подземных условиях отсутствует, несмотря на огромный объем накопленных отходов обогащения (хвостов) медноколчеданных руд, содержащих сульфидные соединения (более 250 млн т), и потенциальную возможность использования выработанного пространства для складирования этих хвостов (3 млн м<sup>3</sup>).

Подземное выщелачивание хвостов, размещаемых в выработанном пространстве, позволяет производить работы круглогодично при

положительных значениях температур. С понижением горных работ температура повышается в соответствии с геотермическим градиентом, что положительно влияет на скорость выщелачивания ценных компонентов из хвостов. При подземном выщелачивании есть возможность использовать существующий комплекс подготовительных выработок и систему коммуникаций (электроснабжения, закладочного и компрессорного хозяйства) для оптимизации циркуляции, сбора и транспортирования продуктивного раствора на переработку.

Выявлено основное условие безопасного применения физико-химического способа извлечения полезных компонентов из закладочного материала на действующих рудниках — это удаленность от действующих добычных блоков и транспортных выработок. Наиболее полно этому условию соответствует восходящий способ отработки месторождений, где работы по выщелачиванию могут быть сосредоточены на нижележащем отработанном горизонте. Однако не исключается применение способа и при традиционной нисходящей выемке — на отработанных участках (флангах или обособленных рудных тел) месторождения.

Таким образом, создание комбинированной геотехнологии, сочетающей физико-техническую технологию камерной выемки с закладкой выработанного пространства сульфидсодержащими отходами обогащения и физико-химическую технологию их выщелачивания является одним из приоритетных направлений решения как экологических проблем, там и повышения комплексности использования недр.

В заключение можно сделать ряд выводов.

1. Влияние мировых интеграционных процессов в горнодобывающих отраслях промышленности России проявляется в следующих аспектах:

1.1. В условиях глобализации мировой экономики более 70% мировой добычи и переработки минерального сырья контролируют около 100 транснациональных корпораций, при этом значительная часть товарной продукции горнодобывающих предприятий России поставляется на экспорт, который определяет объемы и качество продукции, а, следовательно, влияет и на выбор технологии добычи и переработки минерального сырья.

1.2. На горных предприятиях все в больших объемах применяется импортное горное, транс-

портное и перерабатывающее оборудование, что оказывает существенное влияние не только на технологическое развитие горнодобывающих отраслей промышленности и тесно связанных с ними предприятий черной и цветной металлургии, но и на машиностроение (в особенности горное и транспортное) и на развитие экономики России в целом.

2. Со значительной долей вероятности прогноз технологического развития в горнодобывающих отраслях промышленности основывается на следующих положениях:

— На большинстве действующих горнодобывающих предприятий с открытым способом разработки глубокозалегающих месторождений руд черных и цветных металлов, горно-химического сырья, угля, алмазов решение проблемы освоения глубоких горизонтов будет идти тремя путями:

— Вскрытие глубоких горизонтов с использованием крутых углов откоса уступов и бортов карьеров, применением специальной горной и транспортной техники (относительно малые габариты машин, повышенные до 20–30° уклоны транспортных коммуникаций).

— Переход на подземные горные работы с возможным использованием транспортного комплекса открытых горных работ.

— Комбинированная разработка глубоких горизонтов с одновременным ведением открытых и подземных горных работ с различными вариантами взаимного использования транспортных коммуникаций и выработанных пространств для складирования вскрышных пород.

3. При освоении новых месторождений, в особенности в северных районах с недостаточно развитой инфраструктурой, потребуется принципиально новый подход к выработке стратегии формирования горнопромышленных комплексов для разработки нескольких месторождений в каждом из районов их расположения с единой инфраструктурой, включающей источники энергии, водоснабжения, ремонтные базы, объекты социальной сферы, перерабатывающие предприятия и т. п. При этом технологическое развитие горных предприятий должно базироваться:

— на применении специально горного и транспортного оборудования в северном исполнении с единичной мощностью, соответствующей использованию минимума машин и механизмов на каждом горном предприятии, с целью сокращения численности работающих;

— на предпочтительном применении на начальном этапе открытого способа разработки, с выделением на каждом месторождении первоочередных участков с минимумом горно-капитальных работ;

— на целесообразности применения буровых станков, экскаваторов и другой техники с дизельным приводом, а в случае использования техники с электроприводом — применение мобильных, автономных источников энергии, работающих на газе, мазуте или угле.

4. Принципиальным вопросом технологического развития в горнодобывающих отраслях промышленности является использование импортной или отечественной горной и транспортной техники.

В период плановой экономики до 80-х гг. XX столетия ориентировались в основном на применение отечественной горной техники, выпускаемой заводами России, Украины, Белоруссии, а также стран Восточной Европы: Чехословакии, ГДР, Польши. С распадом СССР, применением межгосударственных связей со странами СНГ и Восточной Европы на горных предприятиях существенно возросла доля закупок зарубежной техники (США, Япония, Швеция, Финляндия и др.). И хотя эта техника в большинстве случаев была производительна и надежна, в этой тенденции ориентировки на зарубежную технику есть негативные моменты:

— как правило, она более дорогая;

— не всегда отвечает природным условиям применения;

— не стимулирует развитие отечественного горного машиностроения, которое в переходный период претерпело еще больший упадок, чем горнодобывающие отрасли, что негативно сказывается на социально-экономическом развитии страны в целом.

5. При экономической оценке геотехнологий необходимо учитывать наряду с другими ресурсами расход, количество и качество полезного ископаемого на производство товарной продукции. Это особенно важно в тех случаях, когда в числе сравниваемых имеются варианты, относительно эффективные по затратам, но связанные со значительными потерями полезного ископаемого в недрах. В частности, это может иметь место при освоении глубокозалегающих место-

рождений, когда затраты на единицу добытой руды при открытом способе разработки начинают превышать затраты подземной геотехнологии, потери запасов в недрах при которой в 3–5, а иногда и более раз превышают потери открытой геотехнологии. Естественно, при этом необходимо также учитывать экономические аспекты горного производства, которые зачастую более благоприятны при подземной геотехнологии.

6. Прогноз технологического развития в горнодобывающих отраслях играет важнейшую роль на всех стадиях принятия решений о стратегии комплексного экологически безопасного и экономически эффективного освоения недр, максимально достоверной оценки геологических, технологических и социально-экономических условий на момент принятия решений и прогноза их изменения в прогнозируемом периоде освоения месторождения.

Таким образом, обладание минеральными ресурсами дает регионам возможность и в перспективе являться крупнейшими экономическими производителями в России. Основные надежды регионов на возрождение экономики на основе МСБ связываются с внешними факторами, например, с привлечением иностранных и отечественных инвестиций, оптимизацией системы налогообложения добывающих предприятий на федеральном уровне и т. п. Все эти меры способны дать позитивный эффект. Однако если при этом не будут актуализированы внутренние резервы самой территории, побудительные механизмы развития экономики через выработку направлений реструктуризации (в том числе предполагающих выход за рамки сложившейся специализации), в которых будет учтен положительный опыт других стран, эффект окажется непродолжительным, о чем, собственно, и свидетельствует прогнозная оценка влияния освоения МСБ на социально-экономическое развитие регионов. Кроме того, игнорирование таких мощных ограничительных факторов, как депопуляция населения и снижение миграционных потоков, характерных для подавляющего числа сырьевых регионов, и неувязка стратегий развития отраслей МСБ с демографической, миграционной, социальной политикой, может сделать достижение целей, поставленных в региональных стратегиях развития нереальными.

### Список источников

1. Государственное регулирование природопользования в России. Механизмы и результаты / Отв. редакторы: д.э.н., проф. А. Г. Шеломенцев, д. э. н. Н. В. Ломакина. — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН. — 2011. — 280 с.
2. *Ивантер В. В., Узьяков М. Н.* Перспективы развития экономики России на ближайшие 20 лет // Вестник Российской Академии наук. — 2008. — Т. 78. — № 2. — С. 116-131.
3. *Козлова О. А., Шеломенцев А. Г.* Оценка влияния освоения минерально-сырьевой базы на региональное развитие // Социальные и производственные основы модернизации экономики Оренбуржья : материалы Международной научно-практической конференции. — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2011, 464 с.
4. *Корнилков С. В., Яковлев В. Л.* Особенности стратегии освоения месторождений при создании и развитии минерально-сырьевой базы в составе проекта «Урал промышленный — Урал Полярный» // Экономика региона. Тематическое приложение. — 2007. № 2. с. 76-90.
5. *Мельников Н. В.* Прогнозирование в горной промышленности // Записки ЛГИ им. Г. В. Плеханова. — 1975. — Т. 27. — Вып. 1. — С. 115-123.
6. Минерально-сырьевой потенциал недр Российской Федерации. Т. 2. Минерально-сырьевой и стоимостной анализ / Науч. ред. О. В. Петров. — СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. — 492с.
7. *Татаркин А. И., Романова О. А.* Промышленная политика и механизм ее реализации. Системный подход // Экономика региона. — 2007. — №3 (11). — С. 19-31.
8. Технико-экономические показатели горных предприятий за 1990–2010 гг. — Екатеринбург: ИГД УрО РАН. — 2011 г. — 400 с.
9. *Яковлев В. Л.* О роли научного прогноза технического прогресса и технологического развития в горной промышленности // Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр: сб. научных трудов ИГД УрО РАН. — 2008. — Вып. 4(94). — 2008. — С. 144-147.
10. *Яковлев В. Л., Корнилков С. В.* Технические и экономико-организационные аспекты разработки месторождений в сложных условиях эксплуатации // Горный журнал. — 2009. — № 5. — С. 75-78.

### Сведения об авторах

**Татаркин Александр Иванович** (Екатеринбург, Россия) — доктор экономических наук, профессор, академик РАН, директор, Институт экономики УрО РАН (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29, e-mail: tatarkin\_ai@mail.ru).

**Корнилков Сергей Викторович** (Екатеринбург, Россия) — доктор технических наук, профессор, директор, Институт горного дела УрО РАН (620219, ГСП-936, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, д. 58, e-mail: kornilkov@igduran.ru).

**Яковлев Виктор Леонтьевич** (Екатеринбург, Россия) — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, советник РАН, академик АПН и АН РС (Я), председатель, УралЦКР Роснедра (620219, ГСП-936, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, д. 58, e-mail: direct@igduran.ru).

**Орлова Елена Алексеевна** (Екатеринбург, Россия) — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29, e-mail: helenio@mail.ru).

### A. I. Tatarkin, S. V. Kornilkov, V. L. Yakovlev, E. A. Orlova

#### Forecast of technological development in ore mining branches on basis of modernization of technique and technology of mining practice

*Pro forma data for exploration of mineral raw material base of some territories Ural regions are given. Perspective trajectories of development of mineral raw complex of federal subjects Russia's are characterized. On this basis are highlighted groups of region — saving, reducing, raising the level of raw specialization or diversifying own economy. Peculiarities of forecasting technological development in ore mining branches in the period of planned economy of the USSR are illustrated. Indexes of successfully working iron-ore open casts are given.*

*The raise of internal Russian demand on raw is grounded, for which satisfaction are needed: corresponding tax policy for innovative production, corporate innovative policy, creating fund of supporting ore mining, commercialization of scientific products and working out rules in the sphere of scientific and technical progress.*

*Peculiarities of technological development of ore mining branches of industry are emphasized: necessity of modernization of enterprises and exploration of deposits in regions with not enough developed infrastructure and opportunity of using new system approach by forecasting.*

*The stages of effective exploration of deposits and the parameters of developing ore mining enterprises are found out. Components of forecast of technological development are analyzed. World tendencies of developing ore mining industry and basic directions of forecast of developing ore mining branches are given. New effective technologies being used in the ore mining are analyzed in detail.*

**Keywords:** ore mining branches, technological development, innovations, modernization, forecast of production, infrastructure

### References

1. Doctor of Economics, professor *Shelomentsev A. G.*, Doctor of Economics *Lomakina N. V.* (Executive editors). (2011). Gosudarstvennoye regulirovaniye prirodopolzovaniya v Rossii: mekhanizmy i rezultaty [State regulation of environmental management in Russia: mechanisms and results]. Yekaterinburg, Institut ekonomiki UrO RAN [Institute of Economics, Ural Branch of the RAS], 280.
2. *Ivanter V. V., Uzyakov M. N.* (2008). Perspektivy razvitiya ekonomiki Rossii na blizhayschkiye 20 let [Economy growth prospects of Russia for the next 20 years]. Vestnik Rossiyskoy Akademii nauk [Bulletin of the RAS], Vol. 78, 2, 116-131.

3. *Kozlova O. A., Shelomentsev A. G.* (2011). Otsenka vliyaniya osvoeniya mineralno-syryevoy bazy na regionalnoye razvitiye [Impact assessment of development of raw-materials base on regional growth]. *Sotsialnyye i proizvodstvennyye osnovy modernizatsii ekonomiki Orenburzhya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Social and production bases of modernization of the economy of Orenburg region: proceedings of the International research and practice conference]. Yekaterinburg, Institut ekonomiki UrO RAN [Institute of Economics, Ural Branch of the RAS], 464.

4. *Kornilkov S. V., Yakovlev V. L.* (2007). Osobennosti strategii osvoyeniya mestorozhdeniy pri sozdanii i razvitiy mineralno-syryevoy bazy v sostave proekta «Ural promyshlenny — Ural polyarnyy» [Aspects of strategy of field development at evaluation of mineral resources base within the project «IndustrialUral — PolarUral»]. *Ekonomika regiona. Tematicheskoe prilozheniye* [Economy of Region. Topical application], 2, 76-90.

5. *Melikov N. V.* (1975). Prognozirovaniye v gornoy promyshlennosti [Forecasting in the mining industry]. *Zapiski LGI im. G. V. Plekhanova* [Zapiski journal of the G. V. Plekhanov Leningrad State Mining Institute], Vol. 27, Issue 1, 115-123.

6. *Petrov O. V.* (Ed.). (2009). Mineralno-syryevoy potentsial nedr Rossiyskoy Federatsii T. 2. Mineralno-syryevoy i stoimostnoy analiz [Mineral and raw potential of subsoil assets of the Russian Federation. Vol. 2. Mineral and raw and cost analysis]. St. Peterburg, Izd-vo VSEGEI [VSEGEI Publ.], 492.

7. *Tatarkin A. I., Romanova O. A.* (2007). Promyshlennaya politika I mekhanizm ee realizatsii: sistemnyy podkhod [Industrial policy and mechanism of its realization: system approach]. *Ekonomikaregiona* [Economy of Region], 3 (11), 19-31.

8. Tekhniko-ekonomicheskiye pokazateli gornyykh predpriyatiy za 1990-2010 gg [Technical and economic performance of mining enterprises for 1990-2010.]. (2011). Yekaterinburg, IGD UrO RAN [The Institute of Mining, Ural Branch of the RAS], 400.

9. *Yakovlev V. L.* (2008). O roli nauchnogo prognoza tekhnicheskogo progressa i tekhnologicheskogo razvitiya v gornoy promyshlennosti [On a role of a scientific forecast of technical progress and technological development in mining industry]. *Geotekhnologicheskiye problemy kompleksnogo osvoeniya nedr: sb. nauchnykh trudov IGD UrO RAN* [Geotechnological problems of integrated development of subsoil assets: collection of scientific papers], Issue 4(94), 144-147.

10. *Yakovlev V. L., Kornilov S. V.* (2009). Tekhnicheskiye i ekonomiko-organizatsionnyye aspekty razrabotki mestorozhdeniy v slozhnykh usloviyakh ekspluatatsii [Technical and economical and organizational aspects of field development in complex work environment]. *Gornyy zhurnal* [Mining Journal], 5, 75-78.

### Information about the authors

**Tatarkin Alexandr Ivanovich** (Yekaterinburg, Russia) — Doctor of Economics, professor, academician of Russian Academy of Sciences, director, Institute of Economics of Ural branch of RAS (620014, Yekaterinburg, Moskovskaya str. 29, e-mail: tatarkin\_ai@mail.ru).

**Kornilkov Sergey Viktorovich** (Yekaterinburg, Russia) — Doctor of Technical Sciences, professor, director, Institute of Mining of Ural branch of RAS (620219, GSP-936, Yekaterinburg, Mamin-Sibiryak str. 58, e-mail: kornilkov@igduran.ru).

**Yakovlev Victor Leont'evich** (Yekaterinburg, Russia) — Doctor of Technical Sciences, professor, associate Member of Russian Academy of Sciences, consultant of RAS, academician of Academia of Pedagogic Sciences and Academia of Sakha Republic of Russia, chairman, Central Commission of Exploration of Russian Federal Agency of Subsurface Resources Use (620219, GSP-936, Yekaterinburg, Mamin-Sibiryak str. 58, e-mail: direct@igduran.ru).

**Orlova Elena Alekseevna** (Ekaterinburg, Russia) — PhD in Economics, senior staff scientist, Institute of Economics of Ural branch of RAS (620014, Yekaterinburg, Moskovskaya str. 29, e-mail: helenio@mail.ru).