

В. П. Пахомов, Е. А. Атаманова

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

*Одной из приоритетных задач по переходу России к постиндустриальному развитию является модернизация минерально-сырьевого сектора экономики как системообразующей отрасли, включающей в себя геологоразведочные работы, добычу, обогащение, транспортировку и переработку полезных ископаемых. Основными направлениями модернизации в области недропользования являются совершенствование методов и технологий на стадиях геологоразведочных работ, автоматизация и компьютеризация работ и оборудования на стадиях добычи и транспортировки полезных ископаемых, совершенствование техники и технологий с применением нанотехнологий на стадиях обогащения и переработки минерального сырья.*

**Ключевые слова:** технологическая модернизация, минерально-сырьевой сектор экономики, недропользование

Президентом Российской Федерации Д. А. Медведевым в Послании Федеральному собранию от 12 ноября 2009 г. поставлена задача по модернизации России на основе знаний, новых технологий и институтов демократии [12], т. е. переход на стадию постиндустриального общества.

Это напрямую касается минерально-сырьевого сектора экономики как системообразующей отрасли производства.

Учитывая специфические условия развития экономики России, ее минерально-сырьевую ориентацию, модернизация ее экономики должна сочетать как индустриальные, так постиндустриальные способы.

По этому поводу Р. С. Гринберг пишет: «Россия имеет шанс выстоять в глобальной конкуренции, лишь одновременно развивая два укрупненных «интегральных» приоритетных направления, связанных с «новой», или «инвестиционной» экономикой, с одной стороны, и «старой» сырьевой экономикой — с другой» [2].

Минерально-сырьевой комплекс, являясь основой «старой» экономики, сохранит свое значение, поскольку он играет важнейшую роль в формировании бюджета государства и социально-экономическом развитии страны. «Он располагает огромным инновационным потенциалом и может стать центром генерации инновационно-технологических преобразований» [9].

Модернизация геологоразведочных работ (ГРП) должна производиться исходя из задач, изложенных в стратегии развития отрасли [15]:

— изучение территории Российской Федерации, ее континентального шельфа, акваторий внутренних морей, дна Мирового океана, Арктики и Антарктики для геологического обеспечения различных отраслей экономики страны и ее геологических интересов, в том числе обоснования внешних границ континентального шельфа Российской Федерации в северных морях;

— воспроизводство минерально-сырьевой базы Российской Федерации в объемах, необходимых для удовлетворения потребностей экономики страны в минерально-сырьевых ресурсах, создание минерально-сырьевых основ социально-экономического развития регионов России, обеспечение энергетической и минерально-сырьевой безопасности России;

— охрана недр и рационального использования минерально-сырьевых ресурсов для удовлетворения текущих и перспективных потребностей базовых отраслей экономики;

— изучение и прогноз опасных геологических процессов и явлений;

— инженерно-геологические работы для планирования безопасного развития строительства и эксплуатации объектов промышленной и социальной сферы;

— глубинное зондирование Земли на основе специальных геофизических и космогеологических методов, а также бурения опорных, в том числе уникальных сверхглубоких скважин для изучения Российского сектора планеты;

— мониторинг состояния и геологической изученности недр.

Основными направлениями модернизации геологоразведочных работ будут:

— инновационное развитие геологоразведочной отрасли;

— совершенствование научно-технического обеспечения ГРП: использование принципиально новых методов поисков и разведки полезных ископаемых, основанных на последних достижениях в области космических технологий, физической химии, физики и электроники (адсорбционный люминесцентный анализ, ядерная гамма-резонансная спектроскопия, волнометрический, термомагнитный, ультразвуковой, тепловой анализ и т. д.);

— интенсивное развитие и совершенствование буровой техники для проходки глубоких, сверхглубоких и морских скважин, имеющих крупные диаметры, включая вертикально-, наклонно-горизонтальные и разветвленные их модификации, усовершенствование механизмов для отбора проб и керна;

— изучение и разведка новых и нетрадиционных источников минерального сырья, геотермальных и гидротермальных ресурсов, определяющих научно-технический прогресс, в том числе для развития нанотехнологий, вовлечение в хозяйственный оборот техногенных образований, способов комплексного использования сырья и попутных полезных ископаемых;

— совершенствование системы государственного управления геологическим изучением недр и воспроизводством минерально-сырьевой базы [13];

— совершенствование системы сбора, обработки, анализа, хранения и предоставления в использование геологической информации, внедрение информационных технологий развития;

— совершенствование системы подготовки и переподготовки кадров;

— совершенствование экономико-правового механизма функционирования и организации геологоразведочной организации (ГРО) состыкованного с международными системами доступа к недрам как отечественных, так и зарубежных инвесторов.

Технико-технологическая модернизация горнопромышленного сектора экономики в области добычи минерального сырья должна проводиться по следующим направлениям:

1. При открытом способе разработки в направлениях:

— повышение единичной мощности горной техники — экскаваторов, буровых станков, транспортного комплекса и т. д. (например, роторный экскаватор Bagger-288, весом 13,5 тыс. т имеет 18 ковшей по 6,6 м<sup>3</sup> каждый и обладает производительностью 10,0 тыс. м<sup>3</sup> породы в час, или шагающий экскаватор Big Muskie 4250W с емкостью ковша 168 м<sup>3</sup>. Экскаватор обслуживает смена из 4 человек) [8];

— создание технических средств для специфических условий отработки месторождений полезных ископаемых. Особенно это важно для эксплуатации глубоких карьеров. Направления модернизации должны касаться отбойки горной массы, ее погрузки и транспортировки, пыле- и газоподавления, вентиляции.

2. На буровзрывных работах наиболее перспективной является модернизация:

— бурового оборудования, направленная на повышение эксплуатационных качеств буровых станков (например, буровые станки фирмы Atlas Copco оснащены гидрофикацией основных приводов, что обеспечивает станку меньшую массу, возможность широкого регулирования характеристик, удобство в управлении и сравнительно несложное обслуживание, а отечественный буровой станок СБШ-250МНА-32 имеет верхний привод вращения бурового става, воздушно-водяную систему пылеподавления, механизацию операций по сборке и разборке бурового става);

— бурового инструмента для бурения ступенчатых скважин, в которых за счет дополнительных поверхностей скалывания энергоемкость бурения уменьшается в 2–2,5 раза, а скорость проходки увеличивается в 1,8–3,5 раза;

— применения минизаводов по производству взрывчатых веществ (ВР) и передвижных смешительно-зарядных машин.

3. На стадии транспортировки горной массы:

— для погрузки пород вскрыши необходимо применять гидравлические и канатные экскаваторы с большой емкостью ковша и большой высотой черпания, способные обрабатывать высокие и двояные уступы. В условиях сложного структурного залегания полезных ископаемых — гидравлические погрузчики и экскаваторы, способные селективно разрабатывать рудное тело с оперативным контролем его качества. При этом должна применяться технология предобогащения минерального сырья с применением самоходных дробильно-обогащительных установок. Хвосты обогащения должны

направляться в выработанное пространство карьера;

— для предотвращения ликвидации локальных выбросов с высокими концентрациями вредных примесей в окружающую среду перспективной моделью является карьерный модульный вентилятор-ороситель-пеногенератор ВОКМ-300П, который нейтрализует горную массу в районе взрыва пеной или жидкостью.

Несмотря на то что транспортировка горной массы занимает важное место в эксплуатации глубоких карьеров, в настоящее время ни на одном из горнодобывающих предприятий СНГ, имеющих комплекс циклично-поточной и поточной технологии, не применяются конвейеры с углом подъема превышающий 15°. Исключение составляет карьер, разрабатывающий месторождение Мурунтау (Узбекистан). Там начали в 2011 г. использовать круто наклонный конвейер КНК-270 (Украина) с углом наклона 37°, который позволит продолжать разработку карьера до глубины 1000 м с производительностью 14 млн т в год. Применение этого конвейера позволяет повысить производительность автосамосвалов на 30%, сократить годовой пробег на 27,2%, а расход горюче-смазочных материалов на 37%. Ощущаемый экономический эффект от внедрения проекта в 2011 г. составит 1,4 млн долл. [11]

Достаточно перспективна на данном этапе работ технология отработки нижних горизонтов глубоких карьеров с помощью гусеничных самосвалов грузоподъемностью 25-45 т. Они обладают способностью надежно и безопасно осуществлять транспортирование горной массы по сверхвысоким уклонам (до 35°), что позволяет без дополнительного разгона бортов отработать карьер на значительно большей глубине. Такой самосвал позволяет отрабатывать месторождения в заболоченной и бездорожной местности.

Также перспективными направлениями на этой стадии работ являются:

— взрывопосадочные технологии при строительстве дорог в слабых грунтах, а также технологии укрепления грунтов от проседания и уступов от обрушения с помощью различных реагентов (цемента, смол, кислот и т. п.);

— применение комбинированной силовой установки для самосвалов;

— применение технологии выбуривания полезных ископаемых с помощью бурошнековых установок большого диаметра.

4. При подземном способе разработки необходимо проводить дальнейшую модернизацию машин и механизмов, используемых для добычи руды:

— гидравлических самоходных буровых установок на гусеничном ходу;

— самоходных средств доставки руды (например, на рудниках ОАО «Сильвинит» проходит промышленные испытания самоходный вагон В-15К, разработанный и созданный отечественными машиностроителями [4]);

— погрузочного гидравлического оборудования с селективной обработкой рудного тела;

— применение малогабаритных щековых конусных и роторных дробилок при предобогащении минерального сырья в шахте;

— устройств для экспресс-опробования минерального сырья в транспортных сосудах;

— при подземной добыче угля дальнейшее внедрение технологии с большой нагрузкой на лаву с применением мощных механизированных комплексов и в конечном итоге переход на добычу угля одной лавой (технология «шахта — лава»), позволяющая резко повысить безопасность и эффективность работ;

— применение при сооружении подземных горных выработок (особенно в неустойчивых и обводненных породах) вертикальных и горизонтальных проходческих щитов, установок роторного бурения стволов и вертикальных горных выработок, позволяющих повысить безопасность работ и автоматизировать производственные процессы;

— применение новых технологий без присутствия людей в забое:

а) широкое использование подземного и кучного выщелачивания полезного компонента из руды, шлаков металлургических заводов и отвалов забалансовых руд с активацией процесса при помощи бактерий, тепла, электрического тока, ультразвука, нетоксичных реагентов (например, при выщелачивании золота вместо цианидов применять тиомочевину [10]);

б) управляемой скважинной гидродобычи;

в) автоматизированных агрегатов для выемки тонких и средних пластов (струговых комплексов и бурошнековых установок);

г) системы автоматизированной добычи полезных ископаемых — проект «Интеллектуальный карьер» [6];

д) подземной газификацией угля с созданием энерготехнологических комплексов;

е) использование для рыхления пород новых ядерных веществ с нейтрализацией радиации и дальнейшим выщелачиванием полезного компонента;

— применение новых методов разрушения горных пород — химико-механических, физических, гидродинамических, ультразвуковых, тепловых, электрических и т. д.;

— развитие технологий и способов использования выработанного пространства, отвалов забалансовых руд и пустых пород.

Для реализации программы освоения недр Севера и Арктического шельфа важным направлением модернизации является создание и совершенствование техники для работы в северных условиях:

— машины, комплектующие изделия и материалы в исполнении «ХЛ»;

— при добыче твердых полезных ископаемых — гидравлические и канатные карьерные экскаваторы с повышенной емкостью (20,40 м<sup>3</sup> и выше) ковша и большим усилием резания, большегрузные карьерные автосамосвалы грузоподъемностью 110 и 180 т, бульдозерно-рыхлительные агрегаты мощностью 500 и 800 л. с., выемочно-погрузочные агрегаты непрерывного действия (ВПАНД) для послойной разработки многолетмерзлых грунтов на россыпных месторождениях и др.;

— при добыче нефти (газа) и строительстве трубопроводов — буровые установки универсальной монтажеспособности и повышенной заводской готовности в полной комплектации, нефте- и газопромысловое оборудование, оборудование для технического обслуживания и ремонта скважин, дизели, работающие на газообразном топливе, тяжеловозы на санном ходу для транспортировки блоков буровых установок, мощные трубокладчики и др.;

— для геологической разведки — специальные буровые установки (облегченного типа) для разведочного бурения скважин глубиной свыше 5 тыс. м в труднодоступных северных районах, шурфобуровые установки комбинированного действия, буровые крановые машины, самоходные канатно-скреперные установки, шурфопроходческое оборудование (подъемники и краны), снегоболотоходы, блочно-транспортные ГЭС для электро- и теплоснабжения отдаленных труднодоступных районов страны и т. д.;

— для транспортировки грузов и перевозки людей — суда и транспортные средства на воз-

душной подушке, вездеходная техника, автопоезда высокой проходимости с малым удельным давлением на грунт, машины на резинометаллических, пневматических и понтонных гусеницах, пневмокатках, колесах-баллонах с низким давлением и другая техника, не наносящая вреда почвенно-растительным покровам тайги и тундры, вертостаты, дирижабли и т. д.

Широкое применение в горнодобывающей промышленности Севера должны получить принципиально новые конструкции машин, использующие наиболее совершенные физические методы разрушения горных пород в условиях вечной мерзлоты (таких как термомеханический, лазерный, электроимпульсный, ультразвуковой и т. д.), новых транспортных средств и двигателей.

Следует отметить, что применение прогрессивной техники в рассматриваемых районах обеспечивает высокий экономический эффект. По расчетам Института экономики и организации промышленного производства СО РАН применение техники в исполнении «ХЛ» в условиях Сибири позволит отказаться от дополнительного привлечения почти одного миллиона человек для ее ремонта и технического обслуживания.

С научной точки зрения более детально должны быть изучены вопросы, связанные с повышением сопротивления конструкций пиковым нагрузкам в сочетании с низкими температурами и увеличением их надежности против хрупкого разрушения, продлением сроков службы основных агрегатов машин, составлением взаимоувязанных систем технического обслуживания, диагностирования и ремонта, разработкой и внедрением норм дефектности, методов обоснования и повышения прочности, долговечности и ресурса безопасной эксплуатации и т. д. Важнейшие из полученных результатов исследований должны найти отражение в нормативно-технологической документации Госстандарта РФ.

В области применения материалов необходимо решать проблемы повышения надежности машин и механизмов, которые в значительной степени зависят от хладостойкости применяемых материалов. Прежде всего это относится к сталям, на долю отливок из которых приходится 20–40% металлоемкости машин и механизмов и значительный процент разрушений конструкции при низких температурах. Поэтому для техники в исполнении «ХЛ», и прежде всего для несущих и нагруженных узлов и деталей, необхо-

димо применение сталей, обладающих хорошей свариваемостью.

Отечественной металлургией, а также ведущим отраслевым институтам необходимо разработать более широкий ассортимент низколегированных сталей, позволяющих обеспечить высокие эксплуатационные показатели работы машин в условиях низких температур. Дальнейших научных исследований требует, в частности, разработка новых сталей повышенной хладноломкости.

Повышение морозостойкости РТИ, ГСМ и технических жидкостей должно осуществляться главным образом за счет создания универсальных всепогодных материалов для различных видов техники, способных работать при температурах  $-60$ – $-65^{\circ}\text{C}$ . Особенно важны создание и выпуск эффективных арктических и зимних сортов дизельного топлива, трансмиссионных масел, гидравлических жидкостей.

Улучшение обслуживания техники и повышение качества ремонта во многом зависят от научной проработки и практического внедрения системы фирменного обслуживания и комплексных взаимосвязанных систем технического обслуживания и ремонта различных машин.

Переход на фирменное и централизованное обслуживание позволит решить ряд стоящих сегодня перед горнодобывающей промышленностью проблем и, прежде всего, улучшить состояние ремонтной базы. Внедрение фирменного обслуживания позволит значительно повысить ответственность заводов-изготовителей за качество выпускаемых машин, оперативность выполнения ремонтно-восстановительных работ и улучшить обеспеченность централизованными поставками запасных частей.

В области обогащения модернизация связана с внедрением методов глубокого обогащения, применением физических методов сепарации и нанотехнологий (например, извлечение наночастиц золота с помощью катализаторов [16]), высокодисперсного порошка цинка, с применением низкоосновной ионообменной смолы «PuroGold» [12], активированного угля, бактерий [1] и др.

Необходима разработка технологий извлечения полезного ископаемого из нетрадиционного сырья, например, разработка новых технологий извлечения алюминия и кремния из небокситового сырья — каолиновых пород, высокоглинистых сланцев, анортозитов и др. В

этих технологиях при производстве алюминия исключена стадия получения глинозема, а хлоридный способ электролиза снижает на 30–35% энергозатраты по сравнению с электролитическим извлечением алюминия из криолито-глиноземистых расплавов. Поэтому себестоимость алюминия, получаемого по новым технологиям, оказывается на 20–25% ниже себестоимости этого металла, извлекаемого из бокситов. При этом осуществляется комплексная переработка минерального сырья с извлечением кремнезема, кремния, соединений фторидов и других полезных компонентов.

Применение новых видов оборудования включает в себя внедрение роторно-вихревых мельниц для получения тонких и сверхтонких порошковых смесей, аппаратов для центробежного обогащения с высокой силой гравитационного ускорения и процесса флюидизации, реакторов для наиболее полного извлечения редких и благородных металлов, сепараторов для сухого обогащения руды и угля с помощью воздуха [7], сильных магнитов, фото- и рентгенорадиометрических методов, универсального обогатительного прибора для опробования россыпных месторождений золота, в том числе сложноизвлекаемого, весьма мелкого золота, внедрение мощных щековых и конусных дробилок с гидравлическим регулированием разгрузочной щели.

Необходимо осуществлять все большую компьютеризацию новых моделей горного оборудования, что существенно облегчает и делает на порядок более эффективным процесс принятия решений. С помощью компьютера подбирается оптимальный с точки зрения производительности, экономичности и безопасности режим работы машины (бурового станка, подземного погрузчика или самосвала). Компьютер одновременно отслеживает и обрабатывает огромный массив информации (расход топлива, состояние основных узлов машины, горно-геологические условия, расстояния и т. д.), человеку (оператору) остается главным образом функция контроля.

Во все больших масштабах должно использоваться дистанционное управление оборудованием. Горно-геологические условия постоянно усложняются — все беднее становятся руды, более опасными условия труда горняков. Дистанционное управление не только из-под земли, но и с поверхности избавит человека

от необходимости постоянного пребывания в особо опасных зонах.

Еще одно важное направление технического прогресса — специализация, например, оборудование для низких выработок. Низкопрофильные машины позволяют обрабатывать пласты малой

мощности, эффективно работать в стесненных условиях [5].

Безусловно, модернизация в области недропользования направлена и на совершенствование институциональной среды, и на применение экологически чистых технологий.

### Список источников

1. Бактерии помогут извлекать драгоценные металлы из мусора // РБК Украина. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rbc.ua/rus/newline/show/bakterii-pomogut-izvlekat-dragotsennye-metally-iz-musora-14092010121500/>
2. Гранберг Р. С. Российская структурная политика. Между неизбежностью и неизвестностью // Вопросы экономики. — 2008. — №3. — С. 56-63.
3. Громакова С. Против течения // «Большой бизнес». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bolshoybusiness.ru/archive/40/979/>. 2010.
4. Добыча руды // ОАО Сильвинит. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.silvinit.ru/about/technology/ironmining/>.
5. Интервью с ведущими производителями самоходного горного оборудования: о развитии отрасли и современном состоянии российской горной промышленности // Справочник карьерной техники. [Электронный ресурс]. URL: <http://maxi-exkavator.ru/excapedia> 27.01.2010.
6. Кальшвева Е. Баранка без шофера. Российскую добывающую промышленность выручат умные самосвалы // Российская газета. Инновации. Еженедельное экономическое приложение. — 2011. — №792(10).
7. Комплекс сухого обогащения «Сепайр». Инновации в сухом обогащении руд и нерудных материалов // Золотодобыча. — 2009. — №133.
8. Кутовой С. Великаны песчаных карьеров // Наука и технологии. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.from-ua.com/technology/44fd637bcdbe2/>.
9. Орлов В. П. Сырьевой сектор экономики в условиях модернизации // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2010. — №1. — С. 3-10.
10. Основные результаты исследования РАН, готовые к практическому применению // Российская академия наук. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ras.ru/innovations/readytoapply.aspx>.
11. Перспективы применения крутонаклонных конвейеров в карьере Мурунтау // Современные технологии при освоении коренных месторождений. [Электронный ресурс]. URL: <http://geomining.ru/text/8.5>.
12. Послание Президента Российской Федерации Федеральному собранию Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/transcripts/5979>.
13. Рекомендации парламентских слушаний на тему «О законодательной обеспеченности реализации стратегии развития геологической отрасли до 2030 года» // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2011. — №1. — С. 72-75.
14. Справочник карьерной техники. [Электронный ресурс]. URL: <http://maxi-exkavator.ru/wikipedia> 27.01.2010.
15. Федеральное агентство по недропользованию. Стратегия развития отрасли // Нерудная промышленность. — 2010. — №43. — С. 4-7.
16. Шуленбург М. Нанотехнологии. Новинки завтрашнего дня. [Электронный ресурс]. URL: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano\\_broc-hure\\_ru.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_broc-hure_ru.pdf). 2006.

### Информация об авторах

**Пахомов Вячеслав Петрович (Екатеринбург)** — доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Центра природопользования и геоэкологии Учреждения Российской академии наук Институт экономики Уральского отделения РАН (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, e-mail: [elataman@mail.ru](mailto:elataman@mail.ru)).

**Атаманова Елена Александровна (Екатеринбург)** — экономист Центра природопользования и геоэкологии Учреждения Российской академии наук Институт экономики Уральского отделения РАН (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, e-mail: [elataman@mail.ru](mailto:elataman@mail.ru)).

V. P. Pakhomov

Doctor of Economics, Professor

Institute of Economics, the Ural Branch of Russian Academy of Sciences

E. A. Atamanova

Institute of Economics, the Ural Branch of Russian Academy of Sciences

### The main directions of technologic modernization in the field of subsurface resources management

One of the highest priorities of Russia's transformation to post-industrial development is updating the mineral resource sector of the economy as it is considered as a system-generating industry, and includes exploration, extraction, refining, transportation and processing of minerals. The main directions of modernization in the field of bowels use is improvement of methods and technologies at the stage of geological prospecting, as well as automation and computerization of work and equipment at the stages

of production and transportation of minerals, using nanotechnology in equipment and technologies at the stage of enrichment and processing mineral raw materials.

**Keywords:** technological modernization, mineral-raw sector of the economy, subsurface resources management

### References

1. Bakterii pomogut izvlekat' dragotsennyye metally iz musora (2010) [Bacteria will help to extract precious metals from waste]. RBC Ukraine. Retrieved from <http://www.rbc.ua/rus/newslineshow/bakterii-pomogut-izvlekat-dragotsennyye-metally-iz-musora-14092010121500/>.
2. Granberg R. S. (2008). Rossiyskaya strukturnaya politika. Mezhdue neizbezhnost'yu i neizvestnost'yu [Russian structural policy. Between inevitability and uncertainty]. *Questions of Economics*, 3, 56-63.
3. Gromakova S. (2010). Protiv techeniya [Against the flow]. «Big Business». Retrieved from <http://www.bolshoybusiness.ru/archive/40/979/>.
4. Sil'vinit JSC. Dobycha rudy (Ore mining). Retrieved from <http://www.silvinit.ru/about/technology/ironmining/>.
5. Interv'yu s vedushchimi proizvoditelyami samokhodnogo oborudovaniya: o razvitiy otasl'i i sovremennom sostoyanii rossiyskoy gornoy promyshlennosti (2010) [Interviews with the leading manufacturers of self-propelled mining equipment: the industry's development and current state of Russia's mining industry]. Directory of mining equipment. Retrieved from <http://maxi-exkavator.ru/excapedia>.
6. Kalysheva E. (2011). Baranka bez shofera. Rossiyskuyu dobyvayushchuyu promyshlennost' vyruchat umnye samosvaly [Steering-wheel without a driver. Smart haulers will help The Russian mining industry]. *Rossiyskaya Gazeta. Innovations. Weekly economic supplement*, 792(10).
7. Kompleks sukhogo obogashcheniya «Sepair». Innovatsii v sukhom obogashchenii rud i nerudnykh materialov (2009) [Innovations in the dry ore and nonmetallic materials treatment]. *Gold Mining*, 133.
8. Kutovoy S. Velikany peschanykh kar'erov [The giants of the sand quarries]. *Science and Technologies*. Retrieved from <http://www.from-ua.com/technology/44fd637bcdbe2/>.
9. Orlov V. P. (2010). Syr'evoy sektor ekonomiki v usloviyakh modernizatsii [Primary sector of the economy in terms of modernization]. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 1, 3-10.
10. Osnovnye rezul'taty issledovaniya RAN, gotovye k prakticheskomu primeneniyu [Key findings of the Russian Academy of Sciences ready for practical application]. The Russian Academy of Sciences. Retrieved from <http://www.ras.ru/innovations/readytoapply.aspx>.
11. Perspektivy primeneniya krutonaklonnykh konveyerov v kar'ere Muruntau [Prospects for use of steeply inclined conveyors in Muruntau quarry]. *Modern technology in the development of primary deposits*. Retrieved from <http://geomining.ru/text/8.5>.
12. Poslanie Prezidenta Rossiyskoy Federatsii Federal'nomu sobraniyu Rossiyskoy Federatsii [Message of the President of the Russian Federation to the Federal Assembly of Russian Federation]. Retrieved from <http://kremlin.ru/transcripts/5979>.
13. Rekomendatsii parlamentskikh slushaniy na temu «O zakonodatel'noy obespechennosti realizatsii strategii razvitiya geologicheskoy otrasli do 2030 goda» (2011) [Recommendations of parliamentary hearings «On the legal provision of geology development strategy until 2030»]. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 1, 72-75.
14. Directory of mining equipment. Retrieved from <http://maxi-exkavator.ru/excapedia>.
15. Federal'noe agentstvo po nedropol'zovaniyu (2010). Strategiya razvitiya otrasli [Federal Agency for Subsurface Use. Strategy of the branch development]. *Non-ore manufacturing industry*, 43, 4-7.
16. Shulenbur M. (2006). Nanotekhnologii. Novinki zavtrashnego dnya [Nanotechnologies. Tomorrow's novelties]. Retrieved from [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano\\_broc-hure\\_ru.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_broc-hure_ru.pdf).

### Information about the authors

**Pakhomov Vyacheslav Petrovich (Ekaterinburg)** — Doctor of Economics, Professor, chief research scientist at the Centre for management of natural resources and geocology, Institute of Economics, the Ural Branch of Russian Academy of Sciences (620014, Ekaterinburg, Moskovskaya St. 29, e-mail: elataman@mail.ru).

**Atamanova Elena Aleksandrovna (Ekaterinburg)** — economist at the Centre for management of natural resources and geocology, Institute of Economics, the Ural Branch of Russian Academy of Sciences (620014, Ekaterinburg, Moskovskaya St. 29, e-mail: elataman@mail.ru).