



**Т.В. Башлыкова**  
ООО «НВП Центр-ЭСТАГео»  
директор  
gala@estageo.ru

# Резервы повышения полноты извлечения запасов твердых полезных ископаемых

*Показан технологический потенциал увеличения извлекаемых запасов драгметаллов на стадиях изучения и освоения природного и техногенного минерального сырья. Дан анализ основных организационно-технологических мероприятий*

*Shows the technological potential to increase recoverable reserves of precious metals at the stages of exploration and development of natural and technogenic mineral raw materials. The analysis of the major organizational-technological measures*

**Ключевые слова:** полнота извлечения полезных компонентов, организационно-технологические мероприятия, технологический потенциал

**Keywords:** completeness of extraction of useful components, organizational and technological measures, technological potential

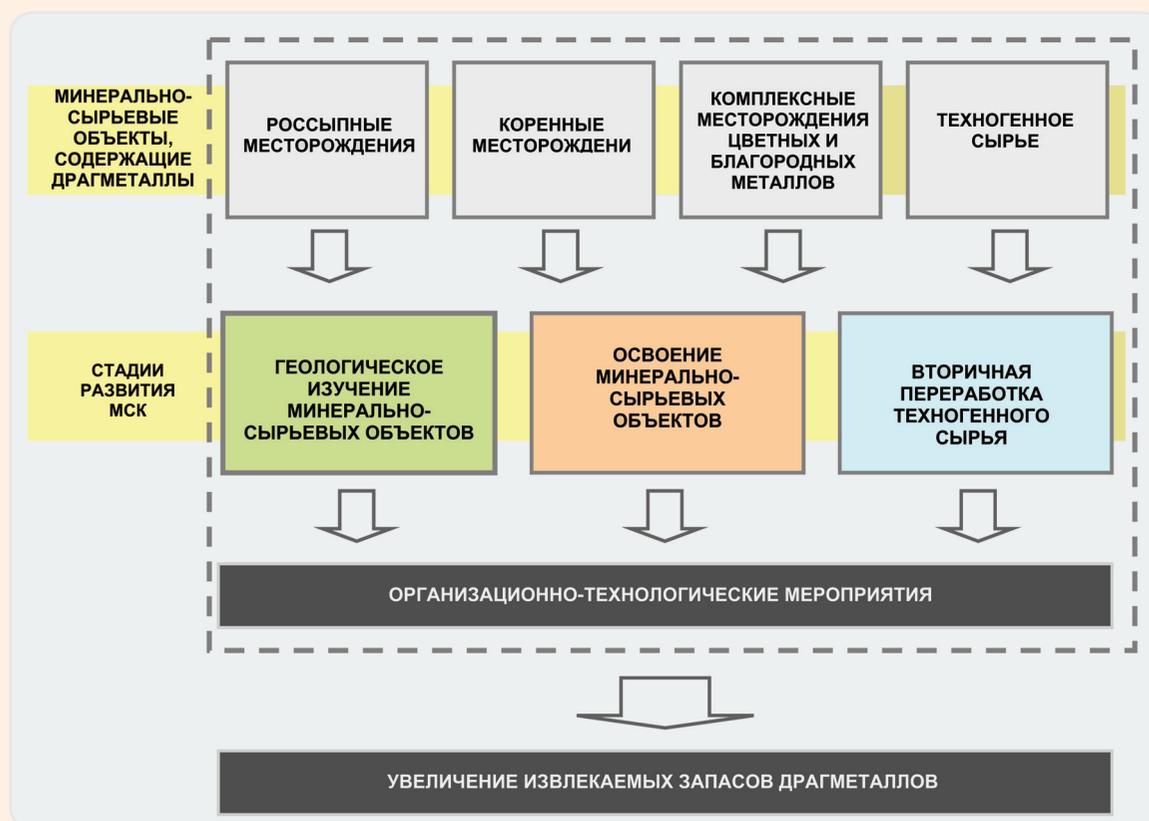
Основные цели государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования – обеспечение воспроизводства и эффективного освоения минерально-сырьевой базы России для устойчивого экономического развития, организация рационального и комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов в интересах нынешних и будущих поколений граждан Российской Федерации [1]. Один из принципов государственной политики в этой области предусматривает стимулирование перехода экономики России на ресурсосберегающие технологии, рациональное и комплексное использование минерального сырья при его добыче и переработке.

Автор неоднократно в своих статьях и выступлениях обращался к двум известным показателям: валовой ценности всех разведанных и предварительно оцененных запасов по-

лезных ископаемых России (\$28,5 трлн [2]) и их извлекаемой ценности (\$19,5 трлн [3]).

Анализ этих показателей указывает на более чем скромную величину средней степени извлечения полезных компонентов, достигнутой при добыче и переработке запасов полезных ископаемых – 68,42%. При увеличении этого показателя всего на 5% можно получить ресурс, сравнимый с удвоенным ВВП страны.

В связи с этим особую актуальность приобретает вопрос повышения полноты извлечения за счет имеющегося технологического потенциала в области переработки твердых полезных ископаемых. Поскольку золото и другие благородные металлы во все времена имеют тренд на повышение (стоимости, бытовой востребованности, значимости в экономической безопасности и т.д.), основные примеры в статье приведены именно по золоту (благородным металлам). В то же время автор



**Рис. 1.**  
Блок-схема системного решения задачи увеличения извлекаемых запасов твердых полезных ископаемых (на примере драгметаллов)

подчеркивает, что для экономики страны важны все полезные ископаемые, и обозначенные в статье пути повышения их извлекаемой ценности касаются, естественно, всей совокупности рудного и нерудного минерального сырья.

Важнейшим аспектом недропользования является неразрывность минерально-сырьевого и горно-перерабатывающего комплексов, эффективное взаимодействие которых влияет на устойчивое развитие экономики стран, обладающих ресурсами полезных ископаемых. Еще А.М. Быбочкин неоднократно указывал в своих выступлениях и статьях, что нельзя эти два комплекса, как и две стадии развития МСБ страны (стадии изучения и освоения) рассматривать отдельно друг от друга.

Для конкретизации обратимся к наиболее актуальной проблеме. Например, согласно ежегодному отчету Союза золотопромышленников России в прошедшем 2011 г. добыто из недр 188 т золота. Очевидно, что перед СЗР стоит задача увеличения объема добычи в 2012 г. Подойдем к этой задаче с технологической точки зрения.

На **рис. 1** представлена блок-схема системного решения такой задачи. Прежде всего, отметим, что извлечение золота возможно из следующих объектов: россыпных и коренных месторождений золота, комплексных месторождений, техногенного сырья.

Необходимо уточнить, что комплексные месторождения подразделяются на две группы. В первой (месторождения цветных металлов, урановые и др.) золото учтено Государственным балансом как попутный компонент. Во второй группе месторождений (железородные, марганцевые, часть полиметаллических, нерудные) золото распределено в недрах спорадически, фиксируется при аналитическом контроле только после гравитационного концентрирования и, естественно, не учтено Государственным балансом. При этом содержание золота, каким бы оно не было малым, усредняется при измельчении и большой производительности действующего горно-перерабатывающего предприятия (10–40 млн т руды в год) на сливе хвостов в хвостохранилище. Например, в железородных и марганцевых месторождениях известны концентрации золота 30–150 мг/т, а в некоторых окисленных марганцевых рудах (Дурновское, Сейбинское месторождения) – даже до 1–2 г/т.

Техногенные источники (минерального состава) золота – это, прежде всего, хвосты обогатительных фабрик и кеки выщелачивания ЗИФ. Хвосты могут образовываться после мокрой магнитной сепарации (железородные обогатительные фабрики), флотации (фабрики по обогащению руд золота, железосодержащих, комплексных руд цветных металлов),

гравитации (фабрики по обогащению золоторудного сырья, цветных металлов), электросепарации (фабрики железорудные, по переработке нерудного сырья) и т.д. Чаще всего хвосты представлены тонкоизмельченным материалом, содержащим золото в широком диапазоне: от 30–40 мг/т до первых граммов в тонне. Во вторую группу техногенного сырья минерального состава, содержащего золото, входят хвосты ШОУ, ШОФ, промприборов, драг. В этих объектах диапазон колебаний содержания золота еще шире – до первых десятков граммов в тонне. К третьей группе относятся отходы переработки угля – золошлаковые образования и хвосты углеобогащения. Четвертая группа объединяет отходы металлургической, горнохимической и других отраслей промышленности – пиритные огарки, шлаки, шламы и пыли, кеки.

Согласно блок-схеме (*рис. 1*), для увеличения извлекаемых запасов драгметаллов необходимо разработать организационно-технологические мероприятия (ОТМ), направленные на реализацию поставленной задачи, т.е. комплекс рациональных технических и технологических решений, организация и внедрение которых способствует повышению эффективности функционирования (деятельности) объекта [4]. Объектом может быть конкретное предприятие (хозяйствующий объект), система, цикл, регион.

Примерами системы в области недропользования могут быть минерально-сырьевая база, топливно-энергетический комплекс, горнопромышленный узел, энергометаллургический комплекс, территориально-производственный комплекс минерально-сырьевого профиля с многоотраслевой специализацией и др.

Примерами циклов в области недропользования могут быть циклы «геологическое изучение – добыча – переработка минеральных ресурсов»; «обогащение полезных ископаемых – металлургический передел – утилизация отходов переработки»; «оценка техногенных ресурсов – доизвлечение ценных компонентов – утилизация отходов вторичной переработки»; «методы технологической минералогии – оценка технологических свойств и обогатимости конкретного минерального сырья – создание инновационной ресурсосберегающей технологии его переработки» и др.

ОТМ разрабатываются для конкретного объекта под конкретную задачу, например, для усовершенствования или реконструкции производства; снижения эксплуатационных затрат; оптимизации технологического процесса; достижения определенных показателей (эко-

номических, технологических, экологических); перепрофилирования производства с минимальными затратами; рационального комплексирования деятельности нескольких производств, снижения объема транспортируемой продукции и т.д. ОТМ создаются и действуют в рамках соответствующего нормативно-правового поля и могут сопровождаться специально созданными аппаратно-программными средствами, обеспечивающими их эффективное внедрение и функционирование.

Аппаратно-программные средства должны решать как локальные, так и комплексные задачи – составление реестров, кадастров, баз структурированных данных и знания; обеспечение информационно-аналитических систем поддержки принятия управленческих решений; совершенствование процессов изучения и освоения минеральных ресурсов; переход на принципы систем качества; построение сетевых процессов производств, создание системы оперативного управления технологическим процессом с использованием когнитивной графики и т.д.

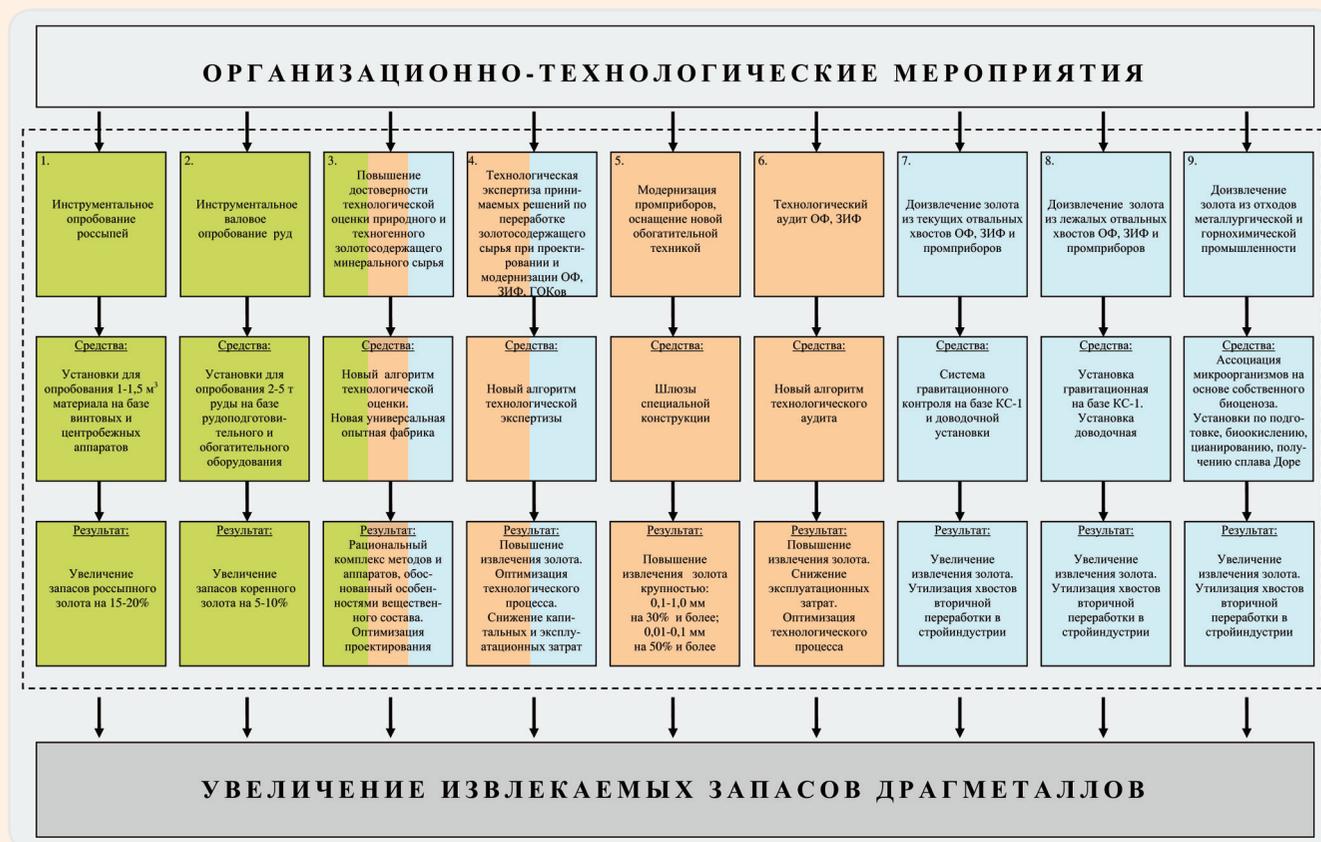
В своей концептуальной статье еще в 2002 г. ректор Санкт-Петербургского горного института В.С. Литвиненко указывал, что «огромное значение для страны приобретают проблемы разработки и внедрения новейших организационно-технологических мероприятий и ресурсосберегающих технологий по всему циклу – от добычи через обогащение, металлургический передел до производства конечной продукции, а также использование вторичного сырья» [3].

На *рис. 2* приведены основные ОТМ, направленные на решение комплексной задачи увеличения извлекаемых запасов (на примере драгметаллов) и структурированные по стадиям развития минерально-сырьевого комплекса.

Необходимо отметить, что в данной статье цикл добычи не рассматривается, но в то же время следует подчеркнуть целесообразность рассмотрения важнейшей первой стадии развития минерально-сырьевого комплекса – стадии изучения минерально-сырьевых объектов (*рис. 1*).

#### **Организационно-технологические мероприятия на стадии геологического изучения недр**

ОТМ на данной стадии может быть множество, но по мнению автора, прежде всего необходимо рассмотреть три основных – инструментальное опробование россыпей, инструментальное валовое опробование коренных руд и достоверную технологическую оценку минерального сырья.



Средства для реализации первого ОТМ – установки для опробования россыпного материала объемом 1–1,5 м<sup>3</sup> на базе винтовых, центробежных аппаратов либо проточных шлюзов особой конструкции.

В 2007 г. специалисты ООО «НВП Центр-ЭСТАгео» (Р.А. Амосов, В.Н. Золотарев) участвовали в опробовании первичных и техногенных россыпей Читинской области с применением установки на базе центробежного концентратора *Knelson*. При сравнении содержаний золота в концентратах аппарата *Knelson* и в тяжелых фракциях лоткового опробования (около 400 проб) разница в среднем составила около 470 мг/м<sup>3</sup> (с занижением при концентрировании на лотке).

Установлено, что доля тонкого золота в Забайкальских россыпях варьирует от 25–30% до 80–85%. Изменения параметров месторождений при учете тонкого золота существенны настолько, что лотковое опробование должно быть исключено из методики отработки геологических проб. Учет тонкого золота при поисках и разведке россыпей даже при относительно низкой его доле приводит к упрощению морфологии пластов, увеличению их мощности, содержания золота и вертикального запаса.

С помощью имидж-анализа (оператор – А.Р. Макавецкас) установлены закономерности

распределения морфометрических характеристик частиц золота в зависимости от дальности переноса от коренного источника. Положительные результаты получены на эталонной паре «делювий–алювий» Жарчихинской россыпи. (Подробные результаты исследований автор планирует представить в последующих публикациях).

Практически в то же время специалисты ЗАО НПФ «Спирит» провели опробование природных и техногенных россыпей Иркутской области с помощью установки на базе винтовых аппаратов и сравнили полученные содержания с данными лоткового опробования. Результат был предсказуем – 15–20% занижения содержания золота при опробовании с использованием лотка.

Конечно, существует запрет на подсчет запасов золота россыпных месторождений на основании данных лоткового опробования. Но автор, являясь экспертом ГКЗ с 1988 г., часто в представляемых на экспертизу материалах сталкивается с ситуациями, когда эффективность опробования на каких-то самодельных устройствах, не имеющих технической (промышленной) марки, заверяется лотком, либо качество опробования лотком – тем же самым лотком.

Средства для реализации второго ОТМ – модульные установки для опробования от

**Рис. 2.** Организационно-технологические мероприятия, структурированные по стадиям развития МСК

1(2) до 5(10) т руды с рудоподготовительным (дробильно-измельчительным) и обогащительными циклами.

При разведке месторождений доминирует керновое опробование, характеризующееся неполнотой отбора, в том числе и из-за избирательного разрушения горной массы. Рентгено-радиометрические методы опробования стенок скважин имеют малую глубинность и набор своих, трудноустраняемых помех. В настоящее время накоплен обширный статистический материал, полученный при заверке скважинных пересечений восстающими горными выработками с проведением бороздового и валового опробования. Относительные ошибки керна опробования в оценке содержания полезных компонентов зависят от выхода керна и могут превышать десятки процентов.

Модульные установки для валового опробования руд нужны, особенно если учесть зачастую неравномерный или весьма неравномерный характер распределения золота в руде. По мнению автора статьи, необходимо дать количественную оценку степени неравномерности распределения золота исходя из порядка диапазона его выделений по крупности, например 4–5 порядков (0,1; 1; 10; 100; 1000 мкм) – неравномерный или 6 порядков – весьма неравномерный. Технологи при исследовании руды с неравномерным характером распределения золота по крупности требуется обоснование необходимой (гораздо большей, чем для руды с равномерным характером распределения золота по крупности) массы рудного материала – для определения гранулометрического состава, гравитационного и магнитного фракционирования, тестирования методов и аппаратов. Опытные технологи знают, чего ожидать при исследовании руды с неравномерным характером распределения золота по крупности – нетождественности по содержанию золота отквартованных навесок, определенных трудностей при сведении технологических балансов продуктов в рамках одного или цикла экспериментов.

Но все отклонения при определении истинных содержаний золота в продукте, классе, фракции, исходной руде, весь эвристический опыт технолога-исследователя предопределяют необходимость перехода в самом начале геологического изучения минерально-сырьевого объекта (МСО) на валовое инструментальное опробование и получение статически достоверного содержания золота при увеличении элементарного объема рудного материала. Итог такого перехода – повышение достоверности оценки запасов металла.

Увеличение объема материала при опробовании важно как для богатой (с большой вероятностью наличия крупного золота), так и для бедной руды. Бедная руда поступает на технологическую оценку для обоснования снижения бортового содержания золота, оценки возможности извлечения золота из вмещающих пород с «фоновым» содержанием золота. Такой опыт у автора статьи был, когда на исследования поступали пробы руды, содержащие 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 г/т золота, и требовалось не только решить обозначенные выше задачи, но и визуализировать золото для прогноза его обогатимости. Для визуализации золота в бедном сырье в ООО «НВП Центр-ЭСТАгео» разработана методика стадийного гравитационного концентрирования из навески массой от 40 до 100 кг. Можно привести множество примеров извлечения и визуализации частиц золота с диапазоном крупности в 5 порядков из руды с исходным содержанием металла 0,4–0,6 г/т. Другими словами, при увеличении объема перерабатываемой бедной руды извлекалось золото крупностью до 1 мм.

Средствами для повышения достоверности технологической оценки минерального сырья природного происхождения (также как и техногенного) могут явиться новый алгоритм технологической оценки (новая методика) и новая универсальная опытная фабрика (новая методика и алгоритм будут рассмотрены в последующих публикациях).

Новая опытная фабрика должна иметь:

- производительность не менее 5–10 тыс. т руды в год;
- все циклы переработки – дробление, измельчение, классификацию, гравитацию, флотацию, магнитную сепарацию, электросепарацию; сухие методы рудоподготовки, крупнокусковое сухое обогащение, гидрометаллургический передел, сгущение и фильтрацию, установки кучного выщелачивания на открытом воздухе с возможностью опробования каждого метра колонны и компоновки требуемой высоты колонны – от 4 до 12 м; полный аналитический комплект, включая оптические аппаратные системы, и т.д.;
- железнодорожный подъездной путь;
- механические мастерские, оборудование для перекомпоновки технологических схем, возможность приготовления стандартных образцов;
- подразделения для обучения, повышения квалификации кадров;
- подразделение для информационного и нормативно-методического обеспечения технологических исследований.

На сегодняшний день такой фабрики нет, но существует определенный потенциал для ее создания на базе ТулНИГП – предприятия, вошедшего в систему Росгеологии.

Результатом реализации такого организационно-технологического решения будут повышение достоверности технологической оценки минерального сырья; рациональный комплекс методов и аппаратов, обоснованный особенностями вещественного состава перерабатываемого сырья и ориентированный на максимальное извлечение ценного компонента в условиях жестких требований охраны окружающей среды; оптимизация проектирования горно-перерабатывающего предприятия.

Последнее особенно важно, т.к. часто обогатительные фабрики не могут выйти на проектные показатели из-за слабой обоснованности заложенных технических и технологических решений. Еще в 1932 г. профессор В.Н. Котляр

отмечал: «Неправильная оценка руд и недостаточное внимание при проектировании к факторам, определяющим их обогатимость, ведет к тому, что построенная обогатительная фабрика будет походить на человека, страдающего хронической болезнью».

Новая опытная (пилотная) фабрика должна выполнять, прежде всего, профилактическую функцию для исключения возможности возникновения какого-либо «заболевания» (хронического или острого), имея в информационной базе по каждому МСО все известные ситуации в распределении и выделении основных минералов и соответствующие технологические решения по каждой ситуации с возможностью моделирования ситуации и принятия оптимального решения. Тогда мы не будем иметь проекты обогатительных фабрик со сроком окупаемости, равным или превышающим срок эксплуатации месторождения. ❊

## Литература

1. Основы государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования. Утверждены распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2003 г. № 494-р. (Версия для печати) // Отечественная геология. 2003. № 3.
2. Козловский Е.А. Состояние и направления развития минерально-сырьевой базы России // Горный журнал. 2003. № 10. С. 4–9.
3. Литвиненко В.С. Возможности минерально-сырьевого потенциала // Приложение к Запискам Горного института. СПб. 2002. № 11. 12 с.
4. Технологические аспекты рационального недропользования: роль технологической оценки в развитии и управлении минерально-сырьевой базы страны / Т.В. Башлыкова, Г.А. Пахомова, Б.С. Лагов, А.Б. Живаева, М.В. Дорошенко, А.Р. Макавецкас, Т.О. Шульга; под ред. Ю.С. Карабасова. М. 2005. 576 с.



## Подписку на журнал «Недропользование XXI век»

Вы можете оформить в любом почтовом отделении России:

**81974** – в каталоге «Газеты. Журналы» Агентства «Роспечать»  
**86297** – в Объединенном каталоге «Пресса России»

### ОФОРМЛЕНИЕ ПОДПИСКИ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ ЧЕРЕЗ СБЕРБАНК

НА 1 НОМЕР – 200 руб.  
 ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА НА ГОД – 1200 руб.

1. Заполните квитанцию (извещение) с указанием почтового индекса доставки
2. Произведите оплату в любом отделении Сбербанка России
3. Отправьте копию квитанции по факсу: (495) 640-42-72

### БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

ИНН 7706559442  
 КПП 770601001  
 Получатель НП «НАЭН»  
 Банк получателя АКБ «РОСЕВРОБАНК» (ОАО) Г. МОСКВА  
 Сч. № 40703810507000460305  
 БИК 044585777  
 Корр. сч. № 30101810800000000777

### ОФОРМЛЕНИЕ ПОДПИСКИ ДЛЯ ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

Отправьте заявку по электронной почте morozova@naen.ru, Semenova@naen.ru  
 или по факсу: (495) 640-42-72

### ЦЕНЫ НА ПОДПИСКУ НА 2012 год для ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

НА 1 НОМЕР	1000 руб.
ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА НА ГОД	6000 руб.
ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ ОДНОЙ СТАТЬИ	300 руб.
ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДБОРКИ СТАТЕЙ ИЗ АРХИВА	2000 руб.
ПРОДАЖА НОМЕРОВ 2011 года	200 руб.
ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ НОМЕРА ЗА 2011 год	200 руб.

В заявке, оформленной в произвольной форме, укажите: подписной период, почтовый адрес для доставки, ИНН/КПП организации, юридический и фактический адреса, контактное лицо, факс, телефон, e-mail. Редакционная подписка производится с любого месяца текущего полугодия. Существует льготная подписка для членов ОЭРН, филиалов ФБУ ГКЗ.