

# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ

---

**3/2012**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Главный редактор И.Ф.Мигачев**

Зам. главного редактора Н.И.Назарова

Б.И.БЕНЕВОЛЬСКИЙ  
Э.К.БУРЕНКОВ  
В.И.ВАГАНОВ  
С.С.ВАРТАНЯН  
Ю.К.ГОЛУБЕВ  
В.С.ЗВЕЗДОВ  
П.А.ИГНАТОВ  
С.Г.КРЯЖЕВ  
В.В.КУЗНЕЦОВ  
Н.К.КУРБАНОВ  
Г.А.МАШКОВЦЕВ  
Г.В.РУЧКИН  
Ю.Г.САФОНОВ  
Г.В.СЕДЕЛЬНИКОВА  
В.И.СТАРОСТИН

УЧРЕДИТЕЛЬ

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ  
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ  
РОСНЕДРА МИНИСТЕРСТВА ПРИРОДНЫХ  
РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Издается при участии  
Международной академии минеральных ресурсов,  
Фонда им. академика В.И.Смирнова

**Москва ЦНИГРИ 2012**

Редакция: Н.И.Назарова, Г.В.Вавилова  
Компьютерный набор, верстка и оригинал-макет: Т.В.Лукина

Сдано в набор 25.05.12 г.  
Подписано в печать 01.06.12 г.  
Тираж 400 экз.

Формат 30×42 1/2  
Бумага листовая  
Печать офсетная

Адрес редакции: 117545, Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1, ЦНИГРИ  
Телефон: 315-28-47  
Факс: 315-43-47  
E-mail: [rudandmet@yandex.ru](mailto:rudandmet@yandex.ru)  
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129, корп. 1

© «Руды и металлы», 2012

От главного редактора

5 Chief editor's notes

**Недропользование****Subsoil use***Мызенкова Л.Ф., Августинчик И.А., Карпекина Н.Ф., Анашкин С.М.**Myzenkova L.F., Avgustinchik I.A., Karpekina N.F., Anashkin S.M.*

Основные инвестиционные потоки транснациональных компаний на освоение мировых горно-рудных проектов в 2000–2010 гг.

6 Main investment flows by transnational companies into the world mining project development in 2000–2010

**Компьютерные информационные технологии при поисках твердых полезных ископаемых****IT in mineral exploration***Бортников Н.С., Петров В.А., Веселовский А.В., Кузьмина Д.А., Лексин А.Б.**Bortnikov N.S., Petrov V.A., Veselovsky A.V., Kuzmina D.A., Leksin A.B.*

Геоинформационная система забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса

18 The geographic information system (GIS) of the transbaikalian territory of the Mongol-Okhotsk mobile belt

*Чиждова И.А.**Chizhova I.A.*

Информационные технологии в геологии сквозь призму времени

27 Information technologies in geology: through time prism

*Галямов А.Л., Конкин В.Д.**Galyamov A.L., Konkin V.D.*

Применение компьютерных технологий в прогнозно-металлогеническом районировании черносланцевых комплексов Ленской золоторудной провинции

35 Gis techniques approach in metallogenic mapping of black shales in Lenskaya gold-ore province

*Алексеев Я.В.**Alekseev Ya.V.*

Оценка пространственно-территориальной сбалансированности использования и воспроизводства минеральной сырьевой базы полезных ископаемых

43 *The spatial balance assessment of usage and reproduction of the mineral resource base***Прогноз и оценка месторождений твердых полезных ископаемых с использованием современных компьютерных технологий****Mineral deposits: Prediction and evaluation using IT***Антипов В.С., Журавлев Е.А., Волин К.А., Абушкевич С.А.**Antipov V.S., Zhuravlev E.A., Volin K.A., Abushkevich S.A.*

Выявление космогеологических признаков рудоперспективности с использованием интерактивных компьютерных технологий в среде геоинформационных систем (на примере изучения эталонных золоторудных объектов Енисейского кряжа)

47 Space geological identification of ore prospective by using interactive computer technologies in GIS (on the example of the study of Yenisei ridge gold-standard objects)

*Макаров В.А., Makeev С.М., Межубовский В.В., Фисенко В.Г., Самородская М.А.*

Опыт применения технологии компьютерного прогнозирования золоторудных объектов в ангарской части Енисейского кряжа

50

*Makarov V.A., Makeev S.M., Mezhubovskiy V.V., Fisenko V.G., Samorodskaya M.A.*

The experience of using computer prediction technology for gold mineralization of the Yenisei ridge to the north of Angara river

### **Мониторинг и информационное обеспечение работ по геологическому изучению недр**

### **Monitoring and information support of geological studies**

*Забродский Г.С., Егорова И.В.*

АС «Минерал-Доклад»: автоматизированная система мониторинга и анализа результатов геологоразведочных работ, выполняемых в России

58

*Zabrodsky G.S., Egorova I.V.*

AS «Mineral-Doklad»: an automated system for monitoring and analyzing the results of exploration carried out in Russia

*Мазуркевич К.Н., Флоренский К.В.*

Сводная цифровая геолого-картографическая основа России — от бумаги к интерактивному онлайн-представлению данных

65

*Mazurkevich K.N., Florenskiy K.V.*

Integrated online geomaps of Russian Federation

### **Дискуссии**

### **Discussions**

*Милецкий Б.Е.*

Глауконитовые пески — предполагаемая металлогенная формация

69

*Miletsky B.Ye.*

Glauconitic sands — suggested metallogenic formation

### **Поздравляем с юбилеем**

### **Our congratulations**

В.П.Ивановскую, И.А.Карпенко, В.И.Кочнева-Первухова, И.Л.Шофман

72

V.P.Ivanovskaya, I.A.Karpenko, V.I.Kochnev-Pervuhov, I.L.Shofman



## От главного редактора

За последние годы кардинально изменились способы обработки геологической информации. Это обусловлено, с одной стороны, небывалым прорывом в области компьютеризации, с другой — огромным объемом накопившихся геологических данных. Вместо трудоемких пересчетов «вручную» разработаны различные программные средства и технологии для обработки исходных данных. Их использование значительно упрощает работу с геологическими материалами и повышает ее эффективность. Результаты функционирования геоинформационных систем интегрируются в фундаментальные и прикладные исследования.

На основе интернет-технологий работа ведется в интерактивном режиме. Возможны пополнение и корректировка базы данных, оперативное внесение изменений в уже готовые прогнозные решения, а также выполнение вновь возникающих прогнозно-металлогенических задач с применением различных методик. Используются различные варианты совместного анализа информационных слоев (карт), характеризующих собственно геологическую среду, ее рудоносность и физические параметры. Создается автоматизированная система лицензирования недропользования.

В настоящее время в отрасли накоплен большой объем электронной информации о геологическом строении и минерально-сырьевой базе территории России. Появляются новые возможности для работы с геологической информацией, как картографической (пространственно распределенной), так и фактографической (атрибутивной). Основная проблема, которая встает перед пользователем, — отсутствие взаимной увязки данных между различными источниками и разные структуры их хранения.

В пятом номере журнала за 2011 г. мы пригласили специалистов принять участие в обсуждении на страницах нашего издания проблем и перспектив развития информационных технологий при поисках и оценке месторождений твердых полезных ископаемых. Было предложено предоставлять статьи по следующим рубрикам:

1. Достижения, проблемы и перспективы развития компьютерных информационных технологий при поисках твердых полезных ископаемых.

2. Прогноз и оценка месторождений твердых полезных ископаемых на основе инновационных методик комплексной интерпретации данных с использованием современных компьютерных технологий и информационных систем.

3. Решение геологических задач и оценка достоверности полученных результатов.

Сбор заявленной тематической информации задуман в целях отражения существующего мониторинга и информационного обеспечения работ по геологическому изучению недр. Главная задача, которую предстоит решить, — создание на базе используемых специализированных информационных систем универсальной системы управления геологическими знаниями.

В редакцию журнала на начало марта 2012 г. поступило более 15 статей, в основном касающихся прогноза и оценки месторождений твердых полезных ископаемых в различных регионах России. Это свидетельствует о несомненной заинтересованности авторов в обсуждении поднятой проблемы. Стало также ясно, что одного номера журнала недостаточно для всех желающих высказаться по затронутой теме. Поэтому в журнале вводятся новые рубрики по проблемам развития компьютерных информационных технологий при поисках твердых полезных ископаемых. Публикация статей будет продолжаться по мере их поступления. Предлагаем авторам не только излагать результаты своих работ, но и критически рассматривать опубликованные материалы.

# НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ



УДК 622.013:330.14 © Л.Ф.Мызенкова, И.А.Августинчик, Н.Ф.Карпекина, С.М.Анашкин, 2012

## ОСНОВНЫЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПОТОКИ ТРАНСНАЦИОНАЛЬНЫХ КОМПАНИЙ НА ОСВОЕНИЕ МИРОВЫХ ГОРНОРУДНЫХ ПРОЕКТОВ В 2000–2010 ГГ.

Л.Ф.Мызенкова, И.А.Августинчик, Н.Ф.Карпекина, С.М.Анашкин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

*Рассмотрены и количественно охарактеризованы крупнейшие сырьевые объекты, регионы и направления потоков инвестиций ведущих зарубежных горнодобывающих компаний в освоение мировой минерально-сырьевой базы золота, меди, свинца, цинка и серебра. Наиболее крупные объемы инвестиций зарубежных компаний поступают в горнорудные проекты стран Латинской Америки, Азии, Африки и Северной Америки. Предпочтения ведущих транснациональных горнодобывающих компаний развитых стран связаны с крупными по запасам горнорудными проектами в развивающихся странах с высоким рудным потенциалом и благоприятным инвестиционным климатом. Характерна активность компаний Китая в освоении зарубежных месторождений цветных металлов. Зарубежные инвестиции в добывающий сектор России остаются невысокими.*

*Ключевые слова:* инвестиции, горнодобывающая компания, горнорудный проект, золото, медь, свинец, цинк, серебро.

*Мызенкова Лариса Филипповна, Августинчик Игорь Александрович, Карпекина Наталья Фанавиевна, Анашкин Сергей Михайлович, avg@tsnigri.ru*

## MAIN INVESTMENT FLOWS BY TRANSNATIONAL COMPANIES INTO THE WORLD MINING PROJECT DEVELOPMENT IN 2000–2010

L.F.Myzenkova, I.A.Avgustinchik, N.F.Karpekina, S.M.Anashkin

*The largest mineral properties, regions and directions of investment flows from top foreign mining companies in development of the world gold, copper, lead, zinc and silver mineral base were discussed and quantified. The most significant investments from foreign companies are coming to mining projects in Latin American, Asian, African and North American countries. Top transnational mining companies from developed countries prefer to focus on large-tonnage mining projects located in developing world characterized by high ore potential and favourable investment climate. Chinese companies are particularly active in foreign base metal deposits development. Foreign investment into the Russian mining sector remain at a low level.*

*Key words:* investments, mining company, mining project, gold, copper, lead, zinc, silver.

В конце XX – начале XXI вв. мировая горно-рудная промышленность развивалась под влиянием глобальных политических и экономических процессов. Распад мировой социалистической системы и СССР, мировые экономические потрясения, изменение инвестиционной политики (Латинская Америка, Азия) способствовали притоку капитала крупных международных компаний в горнорудную промышленность стран различных регионов. Беспрецедентное развитие приватизационных процессов снижало защитную роль государства в этой сфере.

Глобализация деятельности транснациональных горнорудных компаний мира обусловлена не только возможностью доступа в новые крупные сырьевые регионы с потенциальными объектами инвестирования (Китай, Индия, страны бывшего Советского Союза), но и растущими трудностями в

деятельности горнорудных компаний ведущих стран-производителей (США, Канада, Австралия) на своих территориях. Это ограниченный ресурсный потенциал, снижение качества собственной минерально-сырьевой базы, введение ограничительных технологических мер при проведении разведочных и добычных работ, в том числе ужесточение экологических требований, а также обострение конкурентной борьбы за рынки. Поэтому крупнейшие горнорудные компании Канады, США, Австралии и Европы вынуждены расширять поля деятельности за пределы своих стран.

Следствием глобализации стало возникновение мирового рынка минерально-сырьевых баз (МСБ). Владельцы транснациональных компаний стремятся получить доступ к ресурсам этих МСБ в конкурентной борьбе. Побеждали компании с устойчи-

вым фи-нансовым положением, крупной базой запасов, инновационными технологиями, современным менеджментом, способным предвидеть рыночные коллизии и обеспечивать диверсификацию деятельности, развитие и освоение ресурсного потенциала.

В XX в. резко возросшие темпы индустриализации вызвали рост потребления металлов. Эта тенденция продолжается и в XXI в. Так, за 1991–2007 гг. увеличилось потребление Cu в 1,7, Ni в 1,4, Zn в 2,1, Pb в 1,5, Ag в 1,2 раза. Необходимость в связи с

этим роста рудничного производства определяет создание обеспеченной запасами минерально-сырьевой базы для устойчивой работы горнодобывающего сектора экономики.

Оживление экономики после кризисных явлений конца 90-х годов, беспрецедентный рост спроса на большинство сырьевых товаров вызвали с 2002 г. рост цен на все металлы. За пятилетний период среднегодовые цены возросли в 2007 г.: на Cu в 4,5, Ni в 5,5, Zn в 4,3, Pb в 5, Au в 2 раза. По Ni и Pb в 2007 г. они достигали исторических максимумов (37 181 и 2572 дол./т соответственно) (рис. 1). После спада цен на все металлы (кроме золота) в условиях мирового экономического кризиса в 2008–2009 гг. рост цен продолжился и достиг в 2011 г. исторических максимумов по Ag 1,13, Au 50,46, Pt 55,36 дол./г, Cu 8796 дол./т [8, 14]. Рост цен на металлы является ключевым фактором увеличения расходов на геологоразведочные работы (ГРР), которые обеспечивают (хотя и с запозданием) увеличение объемов неосвоенных рудных запасов, привлекающих инвестиции на их освоение.

Очевидно, что оценка перспективности той или иной территории начинается с ее металлогенического потенциала, но при политической и экономической стабильности инвестиционный климат имеет решающее значение для долгосрочных проектов освоения месторождений. Принятие инвестиционного решения определяет комплекс критериев:

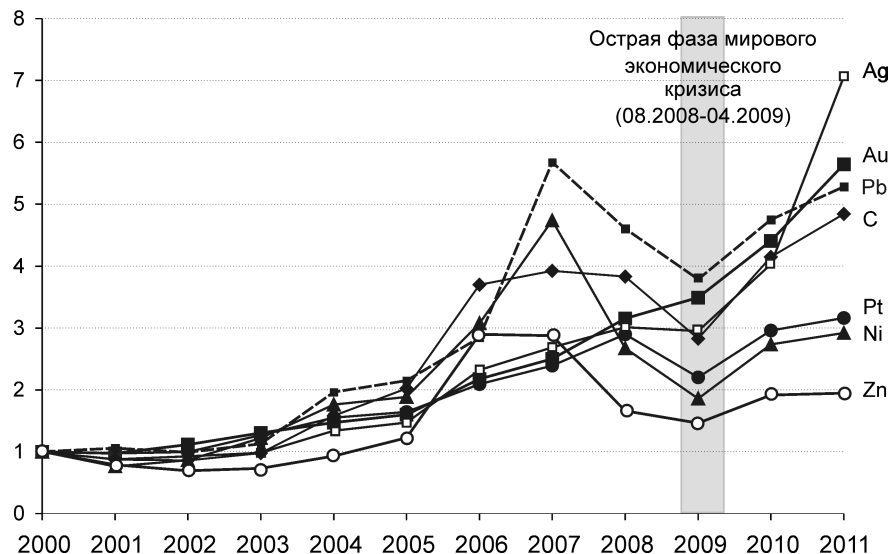


Рис. 1. Динамика мировых цен на благородные и цветные металлы в 2000–2011 гг. (2000 г.=1)

геологические, политические, общеэкономические, социальные, фискальные, маркетинговые, правовые, прибыльность будущего производства.

Состояние подготовленности минерально-сырьевой базы к освоению определяется активностью геологоразведочных работ. Латинская Америка с 1994 г. остается наиболее привлекательным регионом для подготовки и освоения МСБ зарубежными компаниями по сравнению с другими регионами. Регион занимает лидирующее положение по инвестициям в ГРР — 24–26% мирового бюджета компаний в 2002–2009 гг. Большая часть этих инвестиций (82%) израсходована в пяти странах региона — Перу, Мексике, Чили, Аргентине и Бразилии. Последнее время инвесторы проявляют особый интерес к золотодобывающей отрасли Колумбии, Эквадора при снижении его к объектам в Венесуэле [10–12].

Сложившиеся к 2010 г. мировые инвестиционные потоки на освоение минерально-сырьевой базы Au, Cu, Pb, Zn и Ag отражают главные направления и объемы затрат на развитие горнорудных проектов в различных регионах мира (рис. 2–4\*).

**Золото.** Во всем мире золото остается приоритетным металлом для разведки и последующих проектов освоения месторождений горнорудными компаниями. Золотые проекты, как правило, характеризуются более коротким сроком окупаемости инвестируемого капитала по сравнению с проектами

\* Рис. 2–4 см. цветную вкладку.

## 1. Региональное распределение инвестиций (млрд. дол.) по горнорудным проектам (золото)

Регион	Страна	Всего	Зарубежные	Национальные
Южная Америка (17,1)	Чили	12,2	9,7	2,5
	Венесуэла	1,1	0,9	0,2
	Аргентина	1,1	1,1	0,0
	Колумбия	1,0	1,0	0,0
	Перу	0,9	0,9	0,0
	Бразилия	0,5	0,5	0,0
	Эквадор	0,3	0,3	0,0
Северная Америка (17,1)	Канада	6,7	0,0	6,7
	Мексика	5,2	5,2	0,0
	США	5,2	4,9	0,3
Азия (10,9)	Филиппины	5,8	5,8	0,0
	Монголия	4,6	4,6	0,0
	Индонезия	0,4	0,4	0,0
	Китай	0,1	0,1	0,0
Африка (8,0)	ЮАР	2,7	0,0	2,7
	Гана	1,3	1,3	0,0
	Конго	1,2	1,2	0,0
	Буркина-Фасо	0,6	0,6	0,0
	Танзания	0,5	0,5	0,0
	Эритрея	0,4	0,4	0,0
	Мали	0,3	0,3	0,0
	Кот-д-Ивуар	0,3	0,3	0,0
	Египет	0,3	0,3	0,0
	Сенегал	0,2	0,2	0,0
	ЦАР	0,2	0,2	0,0
Австралия и Океания (6,2)	Австралия	5,5	4,1	1,4
	ПНГ	0,7	0,7	0,0
Центральная Америка (3,3)	Доминиканская Республика	3,0	3,0	0,0
	Гватемала	0,3	0,3	0,0
Европа (0,4)	Греция	0,3	0,3	0,0
	Турция	0,1	0,1	0,0
Мир (без РФ)		63,0	48,3	14,7
Россия		9,6	2,0	7,6

ми освоения месторождений цветных металлов, где в основном наиболее успешно разрабатываются крупные месторождения. В первое десятилетие 2000-х годов надежность и устойчивость золота как объекта инвестиций проявились даже в жестких условиях кризиса. В 2008–2009 гг., когда цены на все металлы снижались, цена на золото росла и продолжает стабильно расти с 2002 г. по настоящее время.

Добыча золота сейчас ведется более чем в 100 странах. Более 70% мировых подтвержденных запасов учтено на территориях стран с запасами >2000 т — ЮАР, Россия, США, Австралия, Индонезия, Канада, Китай, Узбекистан. К ведущим странам-производителям в мире относятся Китай, Австралия, США, ЮАР, Россия, Перу, Индонезия.

Истощение запасов золоторудных месторождений, разработка и внедрение новых технологий переработки, позволивших рентабельно обрабаты-

вать бедные руды, привели к переоценке значимости месторождений различных геолого-промышленных типов. Все большее значение приобретают крупные комплексные месторождения, являющиеся основным источником роста запасов металла (95% попутного золота) [6]. На целом ряде таких месторождений в различных странах Южной Америки развиваются проекты ведущих горнорудных компаний мира: золото-медно-порфировые в Перу (*Lagunas Norte*), Чили (*Cerro Casale, El Morro, Esperanza*); золото-серебряные в Чили (*Pascua Lama*) и Аргентине (*Veladero*). Запасы Au в этих месторождениях составляют от 100 до 700 т, зарубежные инвестиции в регион — 13,5 млрд. дол., внутренние — 3,6 млрд. дол. (см. рис. 2).

Развитие горнорудных проектов в Северной Америке осуществляется в основном за счет внутренних инвесторов (17,1 млрд. дол.), что сопостави-

мо с суммарными капиталовложениями в страны Южной Америки. Эти два региона занимают первое и второе места по инвестициям в проекты (табл. 1).

Создание проектов на медно-порфировых месторождениях Монголии (Оуу Толгой, 4,6 млрд. дол.) и Филиппин (Тамракан, 5,2 млрд. дол.) выдвинуло Азию на третье место (10,9 млрд. дол.) среди регионов приоритетных для инвесторов.

Работы зарубежных инвесторов (компании Великобритании, США, Канады) на Африканском континенте осложняются проблемами горного законодательства, падением качества руд, горно-техническими условиями работ и энергетическим кризисом последних лет. Значительные запасы Au привлекают инвестиции не только в традиционные страны-лидеры, но и такие страны, как Египет, Центрально-Африканская Республика (ЦАР), Эритрея, что выдвигает регион на четвертое место в мире (4,5 млрд. дол.). Внутренние инвестиции в проекты составляют 3,5 млрд. дол.

Суммарные инвестиции в Австралию оцениваются в 6,2 млрд. дол., из них внешние — >70%.

Анализ инвестиционных потоков произведен по 80 зарубежным горнорудным проектам (2000–2010 гг.) 60 транснациональных компаний, действующих по всему миру. В их числе крупнейшие золотодобывающие компании с мировыми именами — *Barrick Gold Corp.*, *Kinross Gold*, *Goldcorp* (Канада), *Newmont* (США), *AngloGold Ashanti*, *Gold Fields*, *Harmony Gold* (ЮАР), *Newcrest* (Австралия) и др. Объем инвестиций на подготовку проектов с суммарными запасами Au 16,1 тыс. т оценивается в 63 млрд. дол. Годовое производство золота рассмотренных горнорудных проектов составляет не менее 3,1 т; планируемый ввод в эксплуатацию — 2000-е годы [3, 8, 13, 14]. Оцененные инвестиции в развитие 34 проектов в России как российскими, так и зарубежными компаниями составляют около 10 млрд. дол. [2, 8].

**Компании Канады** отличают наиболее высокие инвестиционные вложения и работа практически во всех регионах мира. Инвестиции канадского бизнеса в крупные горнорудные проекты в своей стране составляют ~7 млрд. дол. (здесь и далее — США), за пределами страны — 32 млрд. дол., что является наиболее высоким объемом инвестиций в освоение МСБ золота зарубежных стран. Наиболее значительный проект в Канаде — KSM (рудные зоны Kerr, Sulphotets, Mitchell) компании *Seabridge Gold* по комплексному золото-медному месторождению с запасами Au 591 т, Ag 2000 т, Cu 2,45 млн. т обеспечивает эксплуатационные работы на 30 лет. Капиталовложения в строительство предприятия оцениваются в >3 млрд. дол. Развивается проект

открытой разработки другого крупного месторождения Detour Lake (274 т Au), планируемые капиталовложения 844 млн. дол.

За пределами страны основным регионом, привлекающим более одной трети инвестиций канадских компаний, остается Южная Америка, где активно продолжают развиваться горнорудные проекты в Чили, Венесуэле, Аргентине, Бразилии, Перу, а недавно и в странах с ранее неустойчивой геополитической обстановкой — Колумбии и Эквадоре. Компании *Greystar Res.* и *Iamgold* планируют в этих странах к 2013 г. ввести в действие первые рудники — Angostura и Quimsacocha.

По-прежнему наиболее привлекательная страна для инвестиций — Чили. Ведущая мировая компания *Barrick Gold* планирует к 2013 г. вложить 7 млрд. дол. в освоение золото-серебряного месторождения Pascua-Lama с запасами 553 т Au, ~25 тыс. т Ag и медно-порфирового Cerro Casale с запасами Au 717 т, Cu 2,6 млн. т. Месторождение Pascua-Lama расположено на границе Чили и Аргентины, что потребовало длительных переговоров с правительствами об условиях развития проекта.

Из других регионов наиболее значительные канадские инвестиции поступят в Азию. Компанией *Ivanhoe Mines* развивается проект по медно-порфировому месторождению Оуу Толгой (Монголия) с запасами Au 523 т, Cu 13 млн. т и капиталовложениями 5 млрд. дол. В Северной Америке осваивается целый ряд золото-серебряных объектов в Мексике, реализуется проект на крупнейшем месторождении Donlin Creek в США с запасами Au >1000 т и планируемыми капиталовложениями 4,5 млрд. дол. (компании *Barrick Gold* и *Nova Gold*).

В Доминиканской Республике, также *Barrick Gold*, реализует проект с капиталовложениями 3 млрд. дол. по золото-серебряному месторождению Pueblo Viejo с запасами Au >600 т, Ag 3,6 тыс. т.

Значительно присутствие канадских компаний в странах Африки, где *Barrick Gold* развивает проекты в Танзании (Buzwagi, Tulawaka), *Iamgold* — в Буркина-Фасо (Essakane). Ряд других компаний действуют в Конго, ЦАР, Гане, Эритрее.

**Компании Европы** инвестируют в зарубежные горнорудные проекты ~11 млрд. дол., что превышает объемы вложений компаний США, ЮАР, Австралии. Это обусловлено в основном деятельностью весьма «агрессивной» швейцарской компании *Xstrata*. Компания планирует вложить >2,5 млрд. дол. в освоение чилийского проекта El Morro с запасами Au 209 т. Самый значительный объект инвестиций компании (5,2 млрд. дол.) — филиппинское медно-порфировое месторождение Тамракан с ресурсами Au 473 т, Cu 12 млн. т.

Компании Великобритании осваивают в африканском регионе (Кот-д'Ивуар, Мали, Буркина-Фасо, Сенегал) месторождения с запасами Au от 100 до 270 т, ряд из которых — Loulo, Tongon, Sabodala компаний *Randgold Res.* и *Mineral Deposit* — уже введен в эксплуатацию.

**Компании США** участвуют в освоении МСБ за пределами своей страны (4,5 млрд. дол.) менее активно, чем канадские, и в собственную страну инвестируют существенно меньше. Одним из последних проектов ведущей золотодобывающей компании США *Newmont Mining* является рудник *Boddington* в Австралии, введенный после модернизации в эксплуатацию в 2009 г. На этом крупнейшем месторождении Австралии разведано Au >600 т, Cu 0,9 млн. т, обеспечивающих 24-летний срок эксплуатации с годовым производством >24 т Au. Капиталовложения составили 2,9 млрд. дол. С началом эксплуатации рудника *Boddington* в 2009 г. Австралия переместилась на второе место среди стран — ведущих производителей золота.

Компанией *Newmont* также подготовлены два африканских (в Гане) месторождения — *Ahafo* и *Akyem*. Первое из них с запасами Au 300 т осваивается с 2006 г., запасы второго — 240 т Au, суммарные капиталовложения составляют ~1 млрд. дол.

**Компании Австралии** развивают бизнес в различных регионах мира — Африке (Гана, Эритрея, Мали, Египет), Латинской Америке (Аргентина), Юго-Восточной Азии (Индонезия, Филиппины, Папуа-Новая Гвинея (ПНГ), Китай). В 2009 г. введен первый в Египте промышленный рудник *Sukari* с запасами Au 280 т и капиталовложениями 0,3 млрд. дол. Планируются значительные инвестиции (0,4 млрд. дол.) компанией *Andean Resources* для освоения золото-серебряного аргентинского месторождения *Сегто Negro* с запасами Au 65 т, Ag 630 т. Компанией *Newcrest Mining* в Индонезии подготовлено месторождение *Кепсана* с запасами Au 70 т, *OZ Minerals* готовится пуск рудника *Martabe* (78 т Au). На Филиппинах компания *Oceanagold Corp.* подготовила к работе горнорудные предприятия на месторождениях *Dinkidi* и *Didipio* с суммарными капиталовложениями ~0,5 млрд. дол., запасами порядка 150 т Au.

**Компании ЮАР** отличаются более высокими инвестициями в свой регион — 3,5 млрд. дол. против 1,4 млрд. дол. в другие регионы. В условиях многолетнего спада рудничного производства из-за трудностей эксплуатации глубоких шахт на Витватерсранде, снижения содержаний Au в рудах и проблем технической безопасности ведущие компании страны в последние годы стали расширять свою деятельность в других странах и регионах. Так, *Anglo-*

*Gold Ashanti* в Конго готовит проект *Kibali* (170 т Au, капиталовложения 0,8 млрд. дол.), развивает австралийский проект *Tropicana* (155 т Au, капиталовложения 0,4 млрд. дол.). Компанией *Gold Fields* в Перу на медно-порфировом месторождении *Сегто Согона* (Au 91 т, Cu 0,5 млн. т, инвестиции 0,5 млрд. дол.) в 2009 г. введен в эксплуатацию рудник. Компания *Harmony Gold* участвовала в проекте освоения золото-серебряного месторождения *Hidden Valley* в Папуа-Новой Гвинее с запасами Au 90 т, Ag 1,3 тыс. т, обеспечивающими работу рудника.

#### **Российские и зарубежные компании в России.**

В период 2000–2010 гг. ГКЗ (ТКЗ) Роснедра были утверждены (перепровержены) запасы Au по >100 коренным месторождениям. Экспертно оцененные инвестиции в развитие проектов на этих месторождениях как российскими, так и зарубежными компаниями составляют ~10 млрд. дол. Публичные данные по участию зарубежных компаний в освоении российской МСБ весьма ограничены, как и данные геолого-экономической оценки освоения месторождений с утвержденными запасами [2].

Иностранные компании, несмотря на высокую степень нормативных и политических рисков, участвуют в реализации новых проектов на стадиях подготовки ТЭО, строительства золотодобывающих предприятий, эксплуатации. В последние годы совместно с зарубежными инвесторами введены в эксплуатацию месторождения *Пионер*, *Березитовое* (Амурская область), *Купол* (Чукотка). Финансирование развития горнорудных проектов осуществляется компаниями Канады, Великобритании, Израиля при экспертной оценке их суммарных инвестиций примерно в 2 млрд. дол.

Самая крупная золотодобывающая компания России по объемам производства и минерально-сырьевой базе — *Полюс Золото*. Компания располагает самыми большими проектами в стране и планирует более чем утроить производство золота к 2020 г. В 2010 г. ею введен в эксплуатацию новый рудник на *Благодатнинском* месторождении (Красноярский край) с одной из крупнейших в стране ЗИФ, годовая проектная мощность которой составляет 6 млн. т по переработке золотосодержащей руды (запасы Au 310 т) при получении 12 т Au. Капиталовложения в рудник составили ~500 млн. дол. Продолжается строительство на месторождении *Вернинское* (Иркутская область) с годовой проектной мощностью 6 т Au (запасы Au 75 т, инвестиции 803 млн. дол.), развивается проект на *Нежданнинском* (Республика Саха) месторождении (запасы Au 634 т) с капиталовложениями на строительство рудника, карьера и обогатительной фабрики ~800 млн. дол.

В настоящее время крупнейший проект (запасы Au 1900 т), подготавливаемый к освоению *Полюс Золото*, — Наталкинский (Магаданская область). Ввод в эксплуатацию первой очереди комбината планируется в 2013 г. В последующие пять лет предусматривается рост годовой производительности до 40 млн. т руды с выпуском 48 т Au. Инвестиции в развитие проекта оцениваются в 3,6 млрд. дол. К другим значительным золоторудным проектам компании можно отнести Чертово Корыто, Иркутская область (85 т Au, капиталовложения 203 млн. дол.), Титимухта, Красноярский край (77 т Au, 135 млн. дол.), Кючус, Республика Саха (177 т Au, 338 млн. дол.).

Таким образом, *Полюс Золото* осваивает около 70% затрат на отечественные проекты.

Канадские компании в России представлены *Kinross Gold Corp.* и *HighRiver Gold*. Первая из них — ведущая среди всех зарубежных, работает с 1995 г. *Kinross* принадлежит право на богатое золото-серебряное месторождение Купол на Чукотке, введенное в эксплуатацию в 2008 г. (155 т Au, содержание Au 21 г/т, инвестиции 526 млн. дол.). В 2010 г. *Kinross* довела контроль над рудником до 100%, получила правительственное одобрение на приобретение 100% участия в освоении месторождения Двойное (Чукотка) и лицензии на разведку и разработку месторождения Водораздельное (Чукотка). *High River Gold* начала освоение месторождения Березитовое (42 т Au, 190 т Ag, среднее содержание Au 2,3 г/т, инвестиции 100 млн. дол.).

Британские компании в России представлены *Peter Hambro Mining*, занимающей второе место (после *Kinross*) по добыче золота среди зарубежных компаний (15 т Au). В Амурской области владеет Покровским рудником, завершила проекты на месторождениях Пионер (введен в эксплуатацию в 2008 г., 153 т Au, инвестиции 196 млн. дол., годовое производство Au 11 т) и Маломыр (введен в эксплуатацию в 2010 г., 6,7 т Au, инвестиции 239 млн. дол.), завершает строительство на месторождении Албын (запасы 38,6 т Au, инвестиции 250–300 млн. дол.). *Highland Gold Mining* занимает третье место по добыче золота среди иностранных компаний. В 2009 г. ввела в эксплуатацию и увеличивает производство на Новоширокинском месторождении в Читинской области (48 т Au, инвестиции 140 млн. дол.). В конце 2010 г. начала добычу на месторождении Белая Гора в Хабаровском крае (инвестиции 100 млн. дол.). Продолжает модернизацию Тасеевского рудника (Читинская область) с переоцененными запасами 113 т Au. Реанимация рудника потребовала 319 млн. дол. *Trans-Siberian Gold* (29,8% акций принадлежат *AngloGold Ashanti*) вла-

деет лицензиями на разработку золото-серебряных месторождений Асачинское и Родниковое (Камчатский край). Для ввода в эксплуатацию предприятия на Асачинском месторождении (запасы 22 т Au) потребовались инвестиции в 117,3 млн. дол. Завершение освоения месторождения Родниковое запланировано на 2015 г. (запасы 31 т Au, инвестиции 149 млн. дол.).

**Медь.** Распределение инвестиционных потоков в мире по освоению МСБ меди в 2000–2010 гг. приведено для 50 зарубежных медных проектов [11, 13, 14] с общими запасами Cu 618 млн. т и суммарными капиталовложениями 67,5 млрд. дол. Основные компании-инвесторы с высоким уровнем экономического развития помещают свои капиталы в наиболее инвестиционно привлекательные регионы мира [4]. Ведущий в мире регион по подтвержденным запасам меди в 2007 г. — Южная Америка (Чили 21%, Перу 8%) [1]. Около 22% мировых запасов локализовано в странах Азиатского региона (Индонезия 5%, Китай 5%). В Северной Америке на США и Мексику приходится по 5% мировых запасов. В других регионах находится 31% мировых запасов, из них крупнейшие — в России (8,6%) и Австралии (8%).

Южная Америка является крупнейшим регионом и по производству меди. Страны этого региона Чили и Перу занимали в 2009 г. первое и второе места в мировом, постоянно растущем (в два раза за 1990–2009 гг.), производстве меди [9, 10, 12]. Такой значительный рост мирового производства, опережающий темпы роста запасов, определяет необходимость развития минерально-сырьевой базы для устойчивой работы горнодобывающего сектора экономики. Тенденция роста мирового потребления меди, восстанавливающегося после кризиса 2008–2009 гг., поддерживается растущим спросом Китая (40% от мирового в 2009 г.), крупнейшего потребителя меди с 2002 г. Рост цен на металл почти в пять раз в 2000–2011 гг. обеспечивает поддержку благоприятного инвестиционного климата в различных странах, наиболее подготовленных к освоению МСБ меди. Мировые расходы на ГРП на медь (3 млрд. дол. в 2008 г.) составляли >50% от расходов на все цветные металлы [12].

Около половины всех инвестиций приходится на страны Южной Америки, к наиболее благоприятным из которых для инвестирования относятся Перу, Чили и Аргентина [10]. В страны Азии вложены 19,6% инвестиций (13,2 млрд. дол.), Северной Америки (Канаду и США) — 16,6% (11,2 млрд. дол.). Оставшиеся 17% всех капиталовложений в развитие медных проектов (11,5 млрд. дол.) сосредоточены в Центральной Америке, Австралии, Океании, Африке и Европе (табл. 2).

## 2. Региональное распределение инвестиций (млрд. дол.) по горнорудным проектам (медь)

Регион	Страна	Всего	Зарубежные	Национальные
Южная Америка (31,6)	Перу	12,6	12,6	0
	Чили	12,1	10,2	1,9
	Аргентина	5,1	5,1	0
	Бразилия	1,8	0	1,8
Азия (13,2)	Филлипины	5,3	5,3	0
	Монголия	4,6	4,6	0
	Афганистан	2,8	2,8	0
	Китай	0,5	0,5	0
Северная Америка (11,2)	Канада	6,9	0,9	6,0
	США	2,6	2,6	0
	Мексика	1,7	1,7	0
Центральная Америка (4,3)	Панама	4,3	4,3	0
Австралия и Океания (3,6)	ПНГ	2,6	2,6	0
	Австралия	1,0	0	1,0
Африка (2,7)	Конго	1,6	1,6	0
	Замбия	0,8	0,8	0
	Ботсвана	0,3	0,3	0
Европа (0,9)	Испания	0,9	0,9	0
Мир (без РФ)		67,5	56,8	10,7
Россия		15,9	0	15,9

Основными инвесторами традиционно являются транснациональные компании стран Северной Америки (*Ivanhoe, Inmet, Barrick, Freeport McMoran*), Европы (*Xstrata, BHPB, Rio Tinto*), а также развивающаяся экономика Китая (*Chinalco, CMGC*). Наибольшую инвестиционную активность проявляют компании Канады, Швейцарии и Великобритании. Из 40 рассматриваемых зарубежных компаний 25 базируются в Канаде. Канадские компании планируют самый большой объем капиталовложений (25,4 млрд. дол.) в развитие проектов медных месторождений. Наиболее значительные среди них — проекты разработки медных месторождений Оуу Толгои в Монголии (запасы 13 млн. т Cu, инвестиции 4,6 млрд. дол.) и *Cobre Panama* в Панаме (запасы 8,8 млн. т Cu, инвестиции 4,3 млрд. дол.). Швейцарская компания *Xstrata plc*, проекты которой направлены в Юго-Восточную Азию (проект *Tampakan* на Филиппинах с запасами 11,6 млн. т Cu, инвестициями 5,2 млрд. дол.) и Южную Америку, намеревается вложить 14,5 млрд. дол. в разработку меднорудных месторождений, что составляет наибольший объем инвестиций для одной компании (см. рис. 3).

Суммарные инвестиции по восьми рассмотренным проектам в России — 15,9 млрд. дол. Суммарные запасы Cu по этим проектам составляют 38 млн. т. Основными отечественными компаниями, участвующими в освоении МСБ меди, являются *ГМК «Норильский Никель»*, *УГМК*,

*Металлоинвест* и *ООО «Миллхаус»*. Крупнейший проект в России — *Удокан* (инвестиции 6,2 млрд. дол.). Инвестиции зарубежных компаний незначительны и в данной работе не рассматривались.

**Свинец, цинк, серебро.** Состояние мировой МСБ по свинцу, цинку и серебру определяется глобальной металлогенией континентов (отчасти океана), ведущими геолого-промышленными типами месторождений, уровнем развития и состоянием сырьевой инфраструктуры добывающих стран, текущей мировой конъюнктурой рынка данных металлов. Эти факторы контролируют и основные показатели состояния сырьевого сектора: запасы, рудничное производство, потребление. Высокие показатели состояния сырьевого сектора по данным мониторинга характерны для разных стран и регионов мира.

Ведущими в мире по запасам свинца являются Австралия, Россия, Казахстан, Канада, США, цинка — Россия, Австралия, Казахстан, США, Канада, серебра — Россия, Польша, США, Боливия, Таджикистан. Лидеры рудничного производства свинца (2010 г.) — Китай, Австралия, США, Перу, Мексика, цинка — Китай, Австралия, Перу, Канада, США, серебра — Перу, Мексика, Китай, Австралия, Россия. Эти данные показывают, что освоение новых месторождений свинца, цинка и серебра может происходить в самых различных регионах мира.

Данные по горнорудным проектам по свинцу, цинку и серебру объединены в единый блок,



поскольку основные объемы добычи серебра приходятся на свинцово-цинковые и медные месторождения [15].

Систематизированы информационные данные по >80 основным мировым горнорудным проектам освоения в 2000–2010 гг. свинцово-цинковых, серебряных и серебросодержащих месторождений, их финансированию, подтвержденным запасам и рудничному производству.

В число проектов включены подлежащие освоению новые месторождения главных геолого-промышленных типов (ГПТ) — традиционные свинцово-цинковые, колчеданные медно-цинковые, медистых песчаников и золото-серебряные с попутной добычей серебра. Включены также проекты по новым ГПТ месторождений — оксидно-силикатно-карбонатные свинца и цинка (Скорпион, Намибия, и др.), впервые осваиваемое современных глубоководных сульфидов колчеданного типа (Solwara I, Папуа-Новая Гвинея), ранее нерентабельные медно-никелевые с бедными вкрапленными сульфидными рудами комплексного состава с попутными серебром и МПГ (Дулутский комплекс, США). Объемы инвестиций по проектам в зависимости от масштабов оруденения колеблются в интервале от 2 млн. до 3 млрд. дол. По сравнению с данными по зарубежным проектам со сроками освоения до 2000 г. [3, 7, 17] отмечаются рост инвестиций, средних запасов, снижение качества руд, рост объемов рудничного производства и уменьшение периода эксплуатации на один проект.

Структура инвестиционных потоков на освоение горнорудных проектов определяется капиталовложениями правительственных учреждений, государственных и частных компаний, групп и консорциумов компаний, государственных и частных банков или их групп, которые осуществляют или участвуют в финансировании проектов. Анализ показывает, что наиболее крупные инвестиции в развитие проектов принадлежат крупным транснациональным компаниям ведущих стран-производителей свинца, цинка и серебра. Кроме того, проекты могут быть сгруппированы по географо-экономическому признаку — финансируемые в собственных странах, странах региона, странах других регионов. В этой связи можно выделить также страны-инвесторы и страны-получатели инвестиций. Первые представлены преимущественно развитыми странами с высокой долей собственных компаний в сырьевом секторе, вторые — развивающимися странами в различных регионах мира, нуждающимися в инвестициях для развития сырьевого сектора экономики.

В развитии мировых горнорудных проектов освоения МСБ свинца, цинка и серебра с зарубеж-

ными инвестициями участвуют >50 компаний различных стран во всех регионах земного шара, в первую очередь — ведущие производители (главным образом крупные транснациональные компании) и ряд менее крупных компаний. Их основная задача — геологоразведочные работы, оценка и подготовка сырьевых объектов к эксплуатации (вплоть до статуса, требующего банковского ТЭО) с дальнейшей отработкой или продажей другим компаниям. Наиболее крупные инвестиции за рубеж и в собственные страны вкладывают ведущие транснациональные компании по добыче свинца, цинка и серебра. Приоритетными для них являются неосвоенные месторождения с наиболее крупными запасами в любой части мира [14, 16–18].

Ведущие компании Канады, США и Австралии, развивающие горнорудные проекты по свинцу, цинку и серебру, принадлежат странам с высоко развитым промышленным сектором и крупными запасами металлов в месторождениях. Первое место среди них по инвестициям в горнорудные проекты занимают компании Канады (суммарные инвестиции 15,9 млрд. дол.), в том числе крупнейшие *Barrick Gold* (6,0 млрд. дол.) с крупными золото-серебряными зарубежными проектами *Pueblo Viejo*, Доминиканская Республика (3,0 млрд. дол.) и *Pascua-Lama*, Чили — Аргентина (3,0 млрд. дол.); *Chesapeake Gold Corp.* — проект *Metates*, Мексика (3,2 млрд. дол.), *Noranda Inc.* — крупный медно-цинковый проект *Antamina*, Перу (2,3 млрд. дол.) (см. рис. 4).

На втором месте находятся компании США (суммарные инвестиции 1,8 млрд. дол.). Среди них *Apex Silver Mines Ltd.*, проект *San Cristobal*, Боливия, 0,6 млрд. дол.; *Silver Standard Resources Inc.* с ее проектами в США (*Candelaria*), Аргентине (*Pirquitas*), Перу (*Berenguela*), Австралии (*Bowdens*) и общими капиталовложениями 0,23 млрд. дол., а также компания *Polymet*, осваивающая комплексные медно-никелевые месторождения Дулутского комплекса с попутным серебром (0,65 млрд. дол.).

В числе крупных компаний Австралии (общий объем инвестиций 1,8 млрд. дол., в том числе 1,3 млрд. дол. зарубежных, 0,5 млрд. дол. внутренних) — *Buka Minerals* (проект *Lady Loretta*, 261 млн. дол.), *Tectonic Resources* (проект *Phillips River*, 135,5 млн. дол.), *Herald Resources* (проект *Dairi*, Индонезия, 135 млн. дол.) и др.

Достаточно высоки инвестиции компаний стран Европы в проекты освоения месторождений Мексики, Перу, Намибии, Буркина-Фасо и др. (суммарные инвестиции ~1,7 млрд. дол.). Объем инвестиций компаний Европы в зарубежные проекты (1,1 млрд. дол.) и проекты на своем континенте

**3. Региональное распределение инвестиций (млн. дол.) по горнорудным проектам (свинец, цинк, серебро)**

Регион	Страна	Всего	Зарубежные	Национальные
Северная Америка (7,1 млрд. дол.)	Мексика	4768	4729	39
	Канада	1601	413	1188
	США	748	95	653
Южная Америка (7,1 млрд. дол.)	Чили	3025	3025	0
	Перу	2915	2715	200
	Боливия	764	764	0
	Аргентина	424	424	0
Центральная Америка (3,0 млрд. дол.)	Доминиканская Республика	3000	3000	0
Африка (2,4 млрд. дол.)	ЮАР	1060	0	1060
	Алжир	579	579	0
	Намибия	454	454	0
	Эритрея	237	237	0
	Буркина Фасо	72	72	0
Европа (1,8 млрд. дол.)	Греция	629	629	0
	Португалия	450	0	450
	Румыния	437	437	0
	Испания	135	135	0
	Ирландия	43	43	0
	Швеция	43	0	43
	Республика Косово	20	20	0
Австралия и Океания (1,7 млрд. дол.)	Австралия	1227	761	466
	ПНГ	501	501	0
Азия (1,6 млрд. дол.)	Китай	619	619	0
	Иран	600	0	600
	Индонезия	135	135	0
	Пакистан	75	75	0
	Казахстан	75	0	75
	Монголия	45	45	0
Мир (без РФ), млрд. дол.		24,7	19,9	4,8
Россия, млрд. дол.		3,2	0,2	3,0

(один проект Aljustrel, Португалия, 450 млн. дол.) определяют компании Великобритании — *Anglo-American plc* (проекты Michiquillay, Перу и Scorpion, Намибия), а также швейцарская *Xstrata* — проекты в Канаде (*Perseverance*) и Австралии (*Black Star*).

Отмечается повышенная инвестиционная активность компаний Китая в освоении зарубежных месторождений Канады, Австралии и ряда стран Азии. Суммарные капиталовложения китайских компаний в зарубежные горнорудные проекты составляют ~0,8 млрд. дол. Наиболее крупные инвестиции — свинцово-цинковые проекты Dugald River (Австралия), 510 млн. дол. и Wolverine (Канада), 190 млн. дол. Эти инвестиции Китая в зарубежные сырьевые источники связаны с резким падением обеспеченности страны в последние годы свинцом и цинком и поисками сырьевых источников металлов за рубежом.

В региональном плане ведущее место с наиболее крупными суммарными проектными инвестициями (см. рис. 4) продолжает сохранять, как и в конце 90-х годов, *Южно-Американский регион* с развивающимися и быстро развивающимися странами (суммарные инвестиции 7,1, внешние 6,9, внутренние 0,2 млрд. дол.). Развивающиеся страны с сырьевым потенциалом, как правило, привлекают зарубежные инвестиции, а собственные финансовые возможности этих стран не всегда достаточны для освоения крупных объектов. Поэтому доля собственных капиталовложений стран региона в развитие горнорудных проектов невелика — всего 2,8% их общего объема (табл. 3).

Суммарные инвестиции в *Северо-Американский регион* составляют 7,1 млрд. дол. (внешние 5,2, внутренние 1,9 млрд. дол., или 38,5% от общего объема). Причина этого — наличие в регионе стран с высокоразвитым горно-промышленным

комплексом и его инфраструктурой, позволяющим осваивать крупнейшие и богатейшие месторождения с наиболее низкими издержками и самой высокой доходностью. Внешние инвестиции обусловлены экспансионистской сырьевой политикой быстро развивающегося Китая и его растущими потребностями в сырье, в том числе свинцово-цинковом (компания *Jinduicheng Molybdenum Co.*, проект *Wolverine*, Канада, 0,19 млрд. дол.). Притоку инвестиций способствует также агрессивная стратегия швейцарской компании *Xstrata* (проект *Perseverance*, Канада, 0,13 млрд. дол.) с ее высокими финансовыми возможностями вхождения в зарубежные сырьевые проекты или их приобретения в любом регионе мира (Канада, Австралия).

Особняком стоит *Центрально-Американский регион* с суммарными внешними инвестициями 3,0 млрд. дол., где готовится к эксплуатации один из крупнейших по капиталовложениям и единственный проект по золото-серебряному месторождению *Pueblo Viejo* (Доминиканская Республика), который осваивает канадская компания *Barrick Gold*.

*Африканский континент* и его развивающиеся экономики также привлекают крупные инвестиции (суммарные 2,4, внешние 1,3, внутренние 1,1 млрд. дол., или 45,8% от общего объема). Доля собственных капиталовложений стран региона достаточно велика, ее определяют свинцово-цинковые проекты южноафриканских компаний *Gamsberg* (ЮАР), *Anglo American Corp. of SA Ltd.* и *Pering* (ЮАР) — *Minero Zinc*. Как и в других регионах с развивающимися странами, инвестиции в горнорудные проекты по свинцово-цинковым месторождениям (*Tala Hamza*, Алжир, *Teramin*, Австралия, 0,57 млрд. дол.; *Bisha*, Эритрея, *Newsun Resources Ltd.*, Канада, 0,24 млрд. дол.; *Регсоа*, Буркина-Фасо, *Boliden Ltd.*, Швеция, 0,07 млрд. дол.) требуют привлечения относительно крупных внешних капиталовложений.

Объемы проектных инвестиций в *Австралию* и *Океанию* (всего 1,8, в том числе 1,3 внешних и 0,5 млрд. дол. внутренних), *Азиатский* (всего 1,5, в том числе 0,9 внешних и 0,7 млрд. дол. внутренних), *Европейский* (всего 1,8, внешних 1,3, внутренних 0,5 млрд. дол.) *регионы* относительно невелики из-за отсутствия новых не освоенных крупных месторождений (Европа, Австралия), сравнительно высокой обеспеченности сырьем стран-производителей (Австралия), недостаточной надежности инвестиций, политической нестабильности или иных политических соображений (Азия). Доля собственных инвестиций стран указанных регионов от общих инвестиций в проекты колеблется от 27,8% (Австралия) до 46,7% (Азия). Наиболее крупные проекты регионов — *Dugald River*

(Австралия), 0,51 млрд. дол., *Lanping* (Китай), 0,5 млрд. дол., *Aljustrel* (Feitais) (Португалия), 0,45 млрд. дол., *Rosia Montana* (Румыния), 0,44 млрд. дол.

Среди стран и их крупнейших компаний, вкладывающих наибольшие инвестиции (млрд. дол.) в развитие горной отрасли внутри страны, в первую тройку входят Канада (1,2), ЮАР (1,1) и США (0,7). По объему инвестиций стран в зарубежные проекты бесспорным лидером является Канада и ее транснациональные компании (10,0 млрд. дол.), проводящие подготовительные и добычные работы на свинец, цинк и серебро во всех регионах мира, включая Россию. Подобная активность компаний Канады отчасти связана с наметившимся в последние годы истощением национальной минерально-сырьевой базы этой ведущей горнодобывающей страны мира. Данную тенденцию иллюстрируют снижающиеся показатели запасов и добычи свинца, цинка и серебра в стране.

Страны с доступным недостаточно освоенным минеральным сырьем свинца, цинка и серебра, привлекающие значительный объем собственных и зарубежных инвестиций, представлены главным образом развивающимися экономиками с сырьевой ориентацией: Мексика и страны Центрально- и Южно-Американского регионов (Чили, Перу, Боливия, Аргентина, Доминиканская Республика), страны Африки и Азии.

В *России* горнорудные проекты освоения свинцово-цинковых и серебряных объектов МСБ (13 проектов) представлены колчеданно-полиметаллическими, свинцово-цинковыми, золото-серебряными месторождениями, месторождениями медистых песчаников. Характерен высокий общий объем проектных инвестиций по этим металлам (3,2 млрд. дол.) при незначительной составляющей зарубежных (0,2 млрд. дол., или ~6,4%), что, возможно, не в полной мере отражает действительное положение (см. рис. 3). Наиболее значительным объектом является Озерное месторождение в Бурятии. Горнообогатительный комбинат на месторождении (Бурятская АО Забайкальского края, владелец проекта — корпорация «*Металлы Восточной Сибири*») будет производить цинк в концентрате, черновой свинец, серебро в сплаве Доре. Российские инвестиции в проект составляют ~0,42 млрд. дол. В настоящее время запущено горнодобывающее предприятие с годовой производительностью 1 млн. т руды. Необходимые дополнительные вложения составляют ~1 млрд. дол. В связи с этим решается вопрос о вхождении в проект китайских компаний — *Металлургической корпорации Кумая (МСС)*, *China Nonferrous Metal Industry's Foreign and*

*Construction Co.Ltd.(NFC)* и *CHINALCO* — с приобретением 49–50% долевого участия в нем. Переговоры о финансировании проекта ведутся также с китайскими банками — Эксимбанком, Банком развития, Торгово-промышленным и крупными инвестиционно-финансовыми китайскими компаниями, в том числе с *Международной торгово-инвестиционной компанией (CITIC)*. Китайская компания *Lunsin* участвует в финансировании проекта по свинцу, цинку и серебру на Кызыл-Таштыгском полиметаллическом месторождении (Тувинская АО) с капиталовложениями 0,2 млрд. дол.

Низкий объем зарубежных капиталовложений в российские горнорудные проекты обусловлен правовой и финансовой политикой страны по ограничению доступа зарубежных компаний к крупным сырьевым объектам, высокими уровнями налогообложения и рядом других причин.

Таким образом, инвестиционные потоки в горнорудный сектор мировой экономики формируются под воздействием глобальных политических и экономических процессов. Глобализация деятельности транснациональных горнорудных компаний, обусловленная как возможностью доступа в новые крупные сырьевые регионы, так и трудностями деятельности на своих территориях, создала условия расширения их активности за пределами своих стран с перемещением капитала в регионы с высоким ресурсным потенциалом. Инвестиции в развитие горнорудных проектов в других регионах определяются комплексом факторов — геологических, политических общеэкономических, социальных, фискальных, маркетинговых, правовых, обеспечивающих прибыльность планируемого производства.

Сложившиеся к 2010 г. мировые инвестиционные потоки в освоение минерально-сырьевой базы золота, меди, свинца, цинка и серебра отражают главные направления и объемы затрат на развитие горнорудных проектов в различных регионах мира. Основные потоки инвестиций зарубежных компаний на развитие горнорудных проектов золоторудного (63 млрд. дол. без России) и меднорудного (67,5 млрд. дол.) секторов сопоставимы по объемам и направлены в регионы Южной Америки (13,5 и 27,9 млрд. дол. соответственно), Азии (10,9 и 13,2 млрд. дол.), в меньших объемах в Африку, Австралию и Океанию, Центральную Америку и Европу.

В освоении минерально-сырьевой базы золота и меди зарубежных стран участвуют ведущие транснациональные компании Канады, Австралии, США и ЮАР. Наиболее высокие инвестиционные вложения характерны для компаний Канады,

более одной трети из них привлекает Южная Америка.

Мировые инвестиционные потоки по горнорудным проектам, связанные с освоением свинцово-цинковых и серебряных месторождений, по сравнению с золоторудными и меднорудными объектами невелики. Их суммарный объем около 28 млрд. дол. Наиболее важные составляющие потоков — инвестиции компаний Канады и США в горные объекты за рубежом, преимущественно в Мексике, странах Южно- и Центрально-Американского регионов, в меньших объемах в Африканском регионе, Австралии и Океании, Азии, Европе.

Повышенная инвестиционная активность в зарубежных странах (Канаде, Австралии, Пакистане, Монголии, России) характерна для Китая, который испытывает недостаток в собственном сырье свинца и цинка в промышленном секторе бурно растущей экономики.

Анализ доступных данных по деятельности зарубежных компаний в России показывает, что вложение крупных инвестиций в горнорудную отрасль страны ограничено высокими рисками. Основной объем зарубежных инвестиций привлекают золоторудные объекты (2 млрд. дол.). Крупнейший зарубежный инвестор — канадская золотодобывающая компания *Kinross Gold Corp.* (12% золотодобычи в стране в 2009 г.).

Низкий уровень зарубежных капиталовложений в свинцово-цинковые и серебряные проекты в России обусловлен политикой Российской Федерации по ограничению доступа зарубежных компаний к МСБ страны. Анализ деятельности зарубежных компаний в России показывает, что они не форсируют вложение крупных инвестиций из-за высоких рисков. Проблема привлечения в страну инвестиций обсуждалась на заседании Консультативного совета по иностранным инвестициям при Председателе Правительства РФ (17.09.2011 г.) с представителями зарубежных компаний [5]. Глава компании *Kinross Gold* Т.Берт по просьбе В.В.Путина подготовил исследование условий работы иностранных горных компаний в стране и предложения по повышению привлекательности бизнеса на основе зарубежного опыта. Главой *Kinross Gold* были даны следующие рекомендации:

предоставить компаниям возможность конвертировать геологоразведочные лицензии в добычные сразу после открытия месторождения;

пересмотреть законы по «стратегическим» месторождениям в части ограничения иностранных инвестиций по уровню не более 10%;

ускорить переход российской классификации запасов на международные стандарты;

вести для горных компаний налог на прибыль, заменив существующий налог на выручку.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бежанова М.П., Кызина Л.В.* Запасы и добыча важнейших видов полезных ископаемых мира на начало 2008 г. – М.: ВНИИЗарубежгеология, 2009.
2. *Беневольский Б.И.* Состояние и пути развития МСБ благородных и цветных металлов России // Разведка и охрана недр. 2011.
3. *Беневольский Б.И., Мызенкова Л.Ф., Августинчик И.А.* Минерально-сырьевая база благородных металлов — ретроспектива и прогноз // Руды и металлы. 2007. № 3. С. 25–91.
4. *Беневольский Б.И., Мызенкова Л.Ф., Августинчик И.А., Карпекина Н.Ф.* Минерально-сырьевая база меди и никеля — ретроспектива и прогноз // Руды и металлы. 2008. № 1. С. 6–44.
5. *Горнопромышленные ведомости*, 2011, октябрь.
6. *Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Мызенкова Л.Ф.* Долгосрочные тенденции использования и развития мировой минерально-сырьевой базы цветных и благородных металлов // Руды и металлы. 2007. № 3. С. 7–24.
7. *Мировая минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов: 1970–2000–2025 гг. Обзор-анализ /* А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев, Б.И.Беневольский и др. – М.: ЦНИГРИ, 2003.
8. *Мировые рынки драгоценных металлов и алмазов //* Рациональное освоение недр. 2010. № 1. С. 14–34.
9. *Copper Bulletin.* International Copper Study Group, 2000–2010.
10. *Crawson Ph.* Exploration trends // Mining Journal special publication – PDAC. Feb. 2010. P. 3–15.
11. *Gold exploration //* Mining Journal special publication. 2010. September. P. 2–20.
12. *Goulden J.* Exploration record // Mining Journal special publication – PDAC. Feb. 2009. P. 9–12.
13. *Mine project survey //* Engineering and Mining Journal. January 2001–January 2005.
14. *Mining Journal.* 2007–2011.
15. *World Silver Survey 2005–2010 —* The Silver Institute, Washington, GFMS, London, 2005–2010.
16. 24hGold. List of LEAD projects, 2011. – <http://24hgold.com>.
17. 24hGold. List of ZINC projects, 2011. – <http://24hgold.com>.
18. 24hGold. List of SILVER projects, 2011. – <http://24hgold.com>.

# КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОИСКАХ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



УДК 681.518

© Коллектив авторов, 2012

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО СЕКТОРА МОНГОЛО-ОХОТСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

**Н.С.Бортников, В.А.Петров, А.В.Веселовский, Д.А.Кузьмина, А.Б.Лексин (ИГЕМ РАН)**

*Изложены результаты теоретических исследований в области прогноза развития сейсмогеодинамических процессов для объектов повышенной техногенной и экологической опасности забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса. Анализ сейсмогеодинамических процессов с использованием ГИС-технологии и трехмерной изометрической модели позволяет разработать схему размещения пунктов мониторинга сейсмических процессов в районах производственной активности горнорудных предприятий.*

*Ключевые слова: геоинформационная система, зоны геодинамической опасности, Забайкальский край.*

*Бортников Николай Стефанович, [director@igem.ru](mailto:director@igem.ru), Петров Владислав Александрович, [vlad243@igem.ru](mailto:vlad243@igem.ru), Веселовский Александр Владимирович, [valv@igem.ru](mailto:valv@igem.ru), Кузьмина Дарья Александровна, [kuzmida@igem.ru](mailto:kuzmida@igem.ru), Лексин Алексей Борисович, [lexin@igem.ru](mailto:lexin@igem.ru)*

## THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) OF THE TRANSBAIKALIAN TERRITORY OF THE MONGOL-OKHOTSK MOBILE BELT

**N.S.Bortnikov, V.A.Petrov, A.V.Veselovsky, D.A.Kyzmina, A.B.Leksin**

*The article contains the results of theoretical researches in 2011 in the field of forecasting of development of geodynamic processes for objects of high technological and environmental dangers on the example of south-eastern Baikal sector of the Mongol-Okhotsk mobile belt (allocation of geodynamic hazardous areas, where there strong seismic deformation events that cause natural disasters). The combination of models 3D representations of data with graphics (2D maps, charts, graphs) facilitates the understanding of the investigating processes.*

*Key words: geographic information system, geodynamic hazardous areas, Transbaikalian territory.*

Ускоренное развитие экономического потенциала страны, в том числе в горнодобывающей промышленности, атомной энергетике, строительстве, происходит на фоне расширения масштабов аномальных природных явлений [16]. Они могут быть практически мгновенными, как при землетрясении [15], или инициироваться весьма продолжительными изменениями региональной геодинамической обстановки. Антропогенное вмешательство в природную среду, например при отработке месторождений полезных ископаемых [11], вызывало, вызывает и в будущем может вызвать техногенные аварии с весьма вероятным перерастанием некоторых из них в экологические катастрофы.

Особенно актуален вопрос предотвращения или минимизации последствий природных и техногенных катастроф на объектах повышенной техногенной и экологической опасности, таких как шахтные поля, радиохимические предприятия, пункты изоляции отработанных ядерных материалов, плотины, газо- и нефтепроводы и др. Для этих объектов на единой геоинформационной платформе с

применением новейших методов комплексных геолого-геофизических изысканий необходимы оценка современной геодинамической активности территории, выделение сейсмоактивных разломных зон, установление закономерностей влияния природных факторов напряженного состояния недр на характер протекания локальных техногенных процессов.

С учетом специфики геолого-тектонического строения территорий должны разрабатываться структуры сетей мониторинга сейсмогеодинамических процессов на многофункциональных геодинамических полигонах [14]. Проведенные наблюдения послужат основой для оценки и прогнозирования состояния литосферы, принятия решений по рациональному недропользованию и обеспечению экологической безопасности территории. Так, большинство крупных и уникальных месторождений стратегических видов минерального сырья (уран, золото, редкие металлы и др.) формировались в активизированных подвижных поясах на границах стабильных литосферных блоков [5, 10]. В настоящее время эти шовные зоны характери-

зуются интенсивной тектонической нарушенностью и сейсмической активностью. Расположенные в их пределах горнодобывающие предприятия представляют собой объекты повышенной техногенной и экологической опасности. Техногенная опасность определяется тем, что в условиях увеличения выработанного пространства и перемещения фронта добычных работ на глубокие горизонты разреза активизируются проявления горного давления. На фоне изменения напряженного состояния массива пород это нередко приводит к горно-тектоническим ударам (техногенным землетрясениям) большой разрушительной силы. В результате горнорудные предприятия вынуждены сворачивать или полностью останавливать работы. В случаях когда предприятие является градообразующим, это приводит к негативным социально-экономическим последствиям. Экологическая опасность обуславливается тем, что при переработке рудной массы образуется огромное количество химически активных отходов, размещаемых в открытых горных отвалах и хвостохранилищах. Нарушение целостности этих объектов в результате природных и техногенных деформаций сопровождается выносом загрязнителей (радионуклиды, тяжелые металлы) и заражением ими горизонтов подземных вод, использующихся для водоснабжения населения, а также деградацией всей экосистемы.

Базовые условия для улучшения технологий наблюдения, оценки и прогнозирования опасных сейсмических явлений в России имеются. За предыдущие десятилетия организация сетей мониторинга тектонических проявлений и деформаций блоков литосферы стала одним из важнейших инструментов в решении фундаментальных и прикладных задач, имеющих особое значение для народного хозяйства и обеспечения безопасности страны. Эти данные нашли отражение в Комплексе карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 [8]. Примером служит созданная в конце XX в. система постоянных и временных станций наблюдения за сейсмотектоническими процессами Байкальского геодинамического полигона, который охватывает Южное Прибайкалье, Восточные Саяны, Туву, Центральную и Западную Монголию [4, 12]. Результаты исследований на этой территории во многом способствовали принятию решения об изменении маршрута нефтепровода «Восточная Сибирь–Тихий океан» в сторону от Байкальской рифтовой системы, в пределах которой интенсивно проявлена современная сейсмическая активность.

Забайкальский сектор Монголо-Охотского подвижного пояса исторически является основным

поставщиком стратегических видов минерального сырья, включая золото, уран, редкие металлы. Однако дальнейшие перспективы добычи полезных ископаемых связаны здесь с ведением работ на глубоких горизонтах отработываемых месторождений в усложняющихся горно-геологических условиях и вводом в строй новых крупных месторождений, для которых горно-геологические условия отработки руд не ясны. К тому же, отдельные районы Восточного Забайкалья, например территория ОАО «ППГХО» в г. Краснокаменск, рассматриваются [17] в качестве потенциально благоприятных для строительства международного объекта по изоляции отработанных ядерных материалов в глубокозалегающих геологических формациях. Такой объект технологически может дополнить Международный центр по обогащению урана, который организован на базе Ангарского электролизно-химического комбината в Иркутской области [6, 18].

Наряду с этим на прилегающих к Байкальскому рифту обширных территориях забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса система наблюдений за развитием современных сейсмогеодинамических процессов отсутствует. Расположенные здесь многочисленные горнодобывающие, горноперерабатывающие, радиохимические и другие предприятия, газо- и нефтепроводы, будучи объектами повышенного экологического риска, не обеспечены прогнозной составляющей в определении динамики развития сейсмических процессов. Это тормозит разработку и реализацию мероприятий по предотвращению или уменьшению последствий природных и техногенных катастроф.

В ИГЕМ РАН выполняется комплекс работ по созданию информационного ядра для проблемно-ориентированных прикладных исследований в области технологий мониторинга и прогнозирования опасных сейсмогеодинамических явлений в районах добычи стратегических видов минерального сырья в Юго-Восточном Забайкалье. Разрабатываемый с этой целью программно-технический комплекс в качестве основного звена содержит геоинформационную систему (ГИС). Результаты функционирования ГИС интегрируются в фундаментальные и прикладные исследования [2]. Определяется востребованность получаемой пространственной информации для различных потребителей. Сейсмическая опасность концептуально рассматривается в качестве основного фактора техногенного риска для инфраструктуры промышленных объектов. Использование ГИС в сети пунктов постоянных и временных наблюдений за динамикой развития сейсмогеодинамических процессов предполагает построение системы информацион-

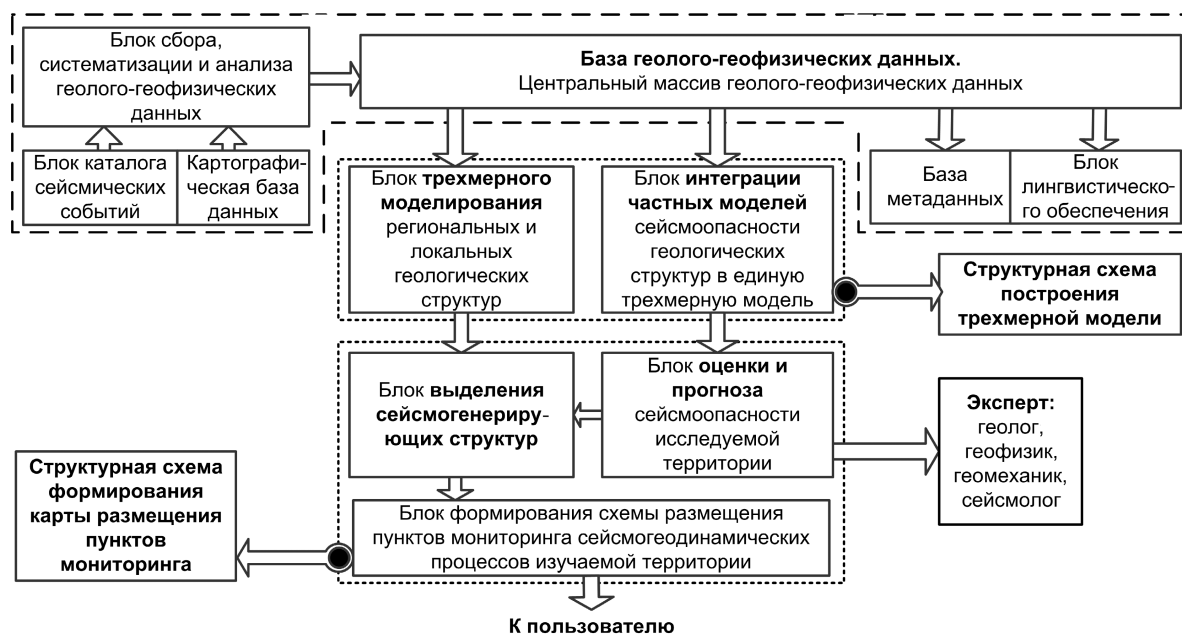


Рис. 1. Структура геолого-геофизической базы данных ГИС оценки степени сейсмогеодинамической активности территории забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса

ного взаимодействия не только для территорий (горных отводов) промышленных объектов, но и для региональных, федеральных и международных сетей.

*ГИС забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса* состоит из трех элементов (рис. 1):

территориально централизованной и тематически распределенной базы геолого-геофизических данных;

трехмерной (изометрической) модели литосферных блоков с распределением основных сейсмогенерирующих структур;

схемы (ГИС-макета) размещения пунктов мониторинга сейсмогеодинамических процессов.

ГИС забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса позволяет строить комплексные геолого-геофизические разрезы земной коры и верхней мантии до глубины 40–60 км, структурно-вещественные модели литосферных блоков и геодинамические, отражающие особенности их эволюции.

В качестве источника информации на входе ГИС используются материалы, содержащие данные геолого-геофизического профилирования отдельных сегментов Монголо-Охотского подвижного пояса большой протяженности (например [13]). Имеющиеся данные изучения «исторической» ([1] и др.) и современной «инструментальной» ([9] и др.) сейсмичности позволяют достаточно обоснованно судить о пространственных соотношениях сейсмоактивных разломных зон, характере взаимо-

действия литосферных блоков и особенностях глубинной структуры региона. Обобщение этих данных и их интерпретация с помощью ГИС способствует более полному пониманию истории геологического развития и металлогении Восточного Забайкалья.

*База геолого-геофизических данных* по литосферным блокам забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса реализована с помощью пакета программ ArcGIS v.10. Она состоит из атрибутивных таблиц, растровых и векторных изображений картографических материалов (топографические, геологические, геофизические, тектонические карты и др.) в м-бах от 1:1 000 000 до 1:200 000 в единой системе координат (рис. 2).

*Растровые данные:*

топографическая основа (лист М-50) РФ м-ба 1:200 000, отсканированные и сшитые листы; рельеф территории; в качестве основы использованы данные ASTER GDEM (JPL) GeoTIFF; цифровые космоснимки местности и геобъектов (данные с космических аппаратов Landsat, Modis, AVHRR, Aster), данные из открытых источников.

*Векторные данные:*

линейный и полигональный слои — водные объекты с топонимией м-ба 1:200 000 (водотоки, водоемы); атрибутивная информация должна включать название объекта, тип (река, озеро, ручей и т.д.), геоморфологические характеристики речной сети;

полигональные слои — выходы коренных стратифицированных (осадочных) и интрузивных по-



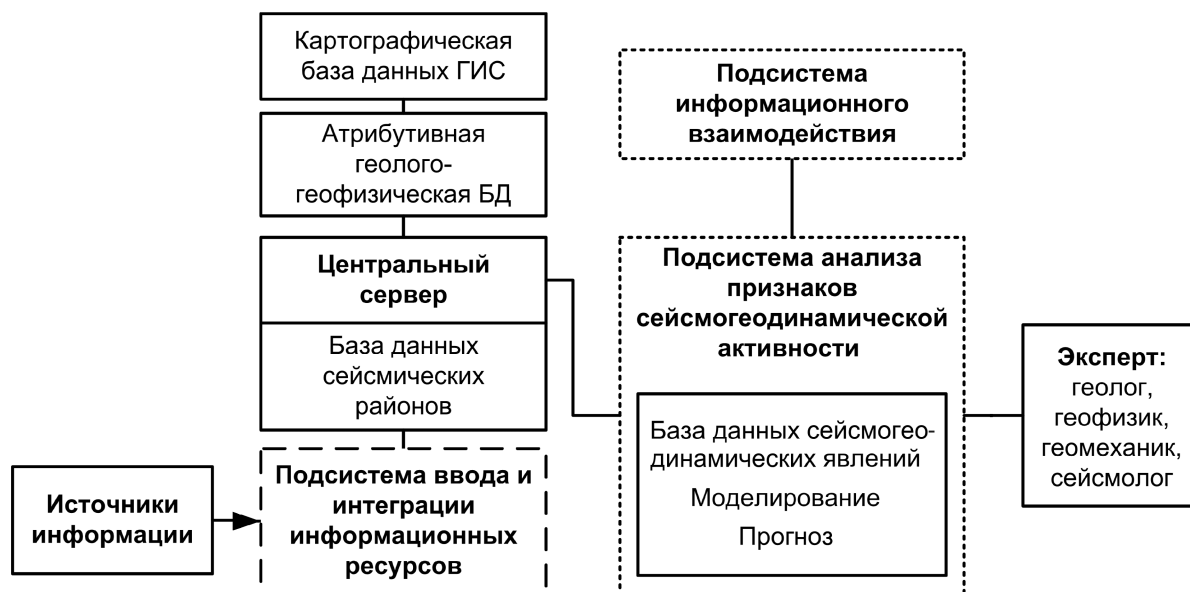


Рис. 2. Функциональная структура ГИС оценки степени сейсмогеодинамической активности территории забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса

род; атрибутивная информация должна включать типы, возраст, литологический состав пород и т.д. Слой создается по данным геологических карт РФ (СССР) м-ба 1:200 000. По листам VI, XIV, XX геологических карт м-ба 1:200 000 в каталогах ВСЕГЕИ информация отсутствует, поэтому для них использована геологическая карта м-ба 1:1 000 000;

точечный слой — внесштабные интрузивные тела с геологических карт м-ба 1:200 000;

полигональный слой — карты аномального магнитного и гравитационного полей, геоморфологическая и тектоническая схемы. Данные этого слоя создаются по авторским картам м-ба 1:500 000;

линейный слой — разломы (тектонические контакты или разрывные нарушения), достоверные, предполагаемые; ориентировка, относительный возраст смещений, протяженность, морфогенетический (кинематический) тип (сбросы, взбросы, надвиги, сдвиги). Информация снимается с геологических карт м-ба 1:200 000, уточняется по современным данным;

точечный слой — объекты экологической и техногенной опасности;

точечный слой — данные по землетрясениям (географические координаты, глубина, магнитуда).

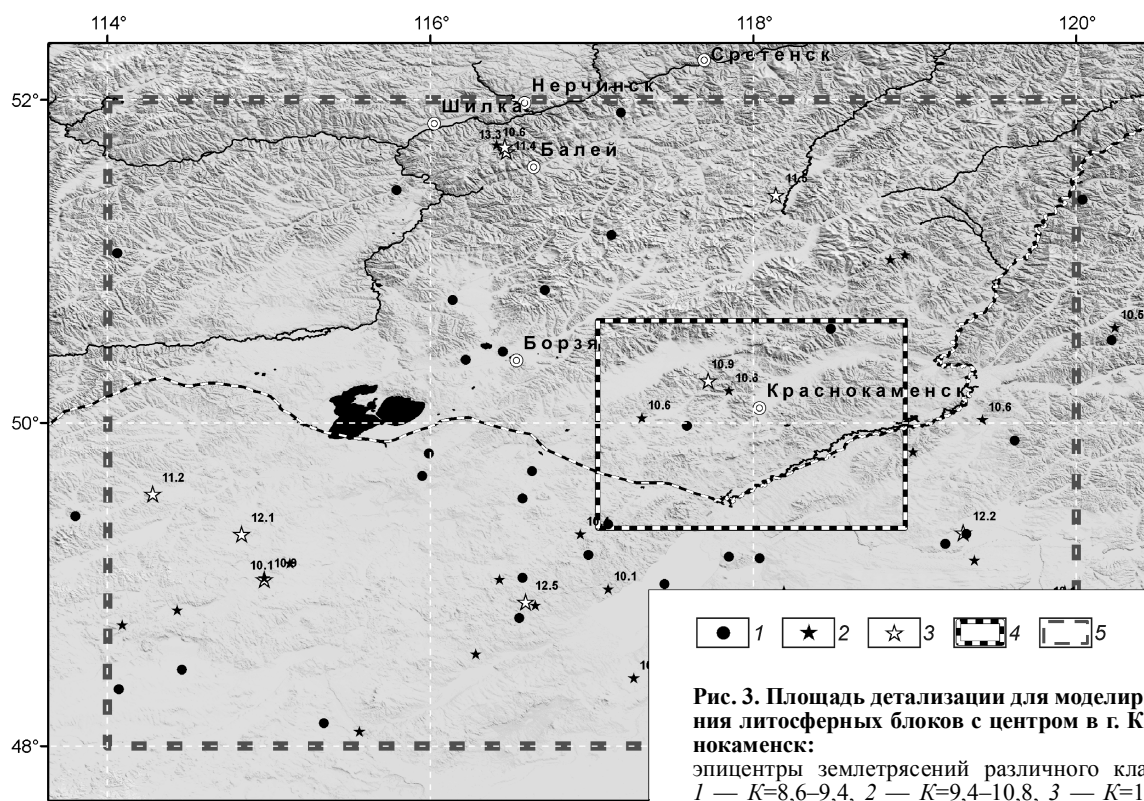
Используются метод выборки информации по конкретному объекту из соответствующей базы в виде характеристик введенного объекта, отображение его графического образа в виде векторной графической информации и прикрепленной к объекту атрибутивной информации. Растровые листы карты

«сшиты» между собой и представляют единое географическое пространство. Все входные данные, по которым создаются слои, — открытые материалы, находящиеся в свободном доступе.

Оцифровка (векторизация) геологической карты м-ба 1:200 000 в целях генерализации геологической информации для выделения основных типов пород — кристаллических (фундамент), вулканических, вулканогенно-осадочных (чехол), осадочных (аллювиальных, пролювиальных фаций и т.д.) — проводится как по материалам изданных геологических карт, так и по результатам дешифрирования сцен космоснимков за период 1999–2011 гг. с космического аппарата Landsat.

**Концепция трехмерной (изометрической) модели литосферных блоков с распределением сейсмогенерирующих структур.** Концептуальные задачи, определяющие основу технологической архитектуры ГИС, связаны с обеспечением оперативного доступа к информации и реализацией возможностей специалистов эффективно работать с наиболее актуальными геологическими данными. Задача формулируется в предоставлении пользователям возможностей применения аналитических методов исследований, опирающихся на перспективные информационные технологии.

Высокий уровень теоретических задач обуславливает высокие требования к программно-математическому и лингвистическому обеспечению системы на основе теории функционирования объекта иссле-



дований (информационная система, включающая ГИС). В частности, операции функционирования объекта исследований поддерживаются его пространственно-трехмерным моделированием. Основные принципы построения системы — принцип интеграции при объединении информационных ресурсов и принцип информационного взаимодействия с использованием единой многопользовательской программно-аппаратной среды.

Назначение системы визуализации состоит в представлении информации об объектах исследования оператору таким образом, чтобы на основе отображаемой информационной модели он мог в дальнейшем создать концептуальную модель (модель взаимодействия процессов). Трехкоординатная информационная модель обеспечивает наибольшую полноту концептуальной модели и ее адекватность отображаемым объектам, которые в большинстве случаев объемные. В ряде случаев, например когда один отображаемый объект заслоняется другим, возникает необходимость рассмотрения объекта с разных сторон, т.е. требуется формирование много ракурсной трехмерной модели. Примененный в настоящем исследовании метод позволяет синтезировать информационные модели по цифровым данным в изометрическом пространстве. К его достоинствам относятся большая мно-

горакурность изображения, отображение данных и синтезированных объектов в реальном масштабе времени, простота реализации.

В двумерной модели выделены преобладающие основные направления простирания разломных нарушений (линеаментов), устойчивые (консолидированные) блоковые участки литосферы и области концентрации сейсмогеодинамических событий. Определена площадь детального моделирования (рис. 3), в центре которой располагается «базовый» объект исследований — территория ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ОАО «ППГХО»), осуществляющее добычу и переработку урановых руд месторождений Стрельцовского рудного поля [7].

Трехмерная модель (рис. 4) формируется на основе материалов, входящих в базу геолого-геофизических данных по литосферным блокам забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса. В трехмерной модели с учетом компоненты  $z$  (глубины) реализована возможность визуализировать вариации мощности сейсмически активной зоны в разрезе земной коры. Проведена генерализация элементов тектонического строения территории с выделением геодинамически устойчивых (асейсмичных) блоков и геомеханически (сейсмически) активных межблоковых границ.

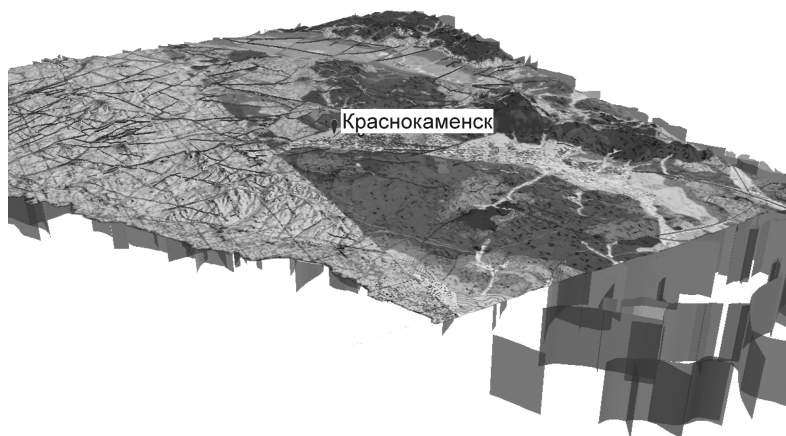
Трехмерные графические модели позволяют представить визуально последовательность наблюдений, выполнять глубокий исследовательский анализ пространственных данных, в том числе при выборе угла зрения с помощью интерактивного вращения, причем линии графиков не перекрываются. Сочетание моделей 3D представления данных с графикой 2D (карты, диаграммы, графики) облегчает понимание изучаемых сейсмогеодинамических процессов на поверхности и в разрезе земной коры.

Информационная среда ГИС содержит различные гетерогенные цифровые информационные ресурсы: метаданные, документальные и фактографические базы данных, цифровые карты. Требования к системе предусматривают использование интерфейса, обеспечивающего интеграцию необходимых для пользователя данных в трехкоординатной форме.

При коллективных исследованиях в определенной тематической области (куст организаций, группа специалистов) интегрируются также сервисы и ресурсы всех участников исследований. Единство ресурсов и сервисов достигается за счет согласованных стандартов, операций подсистемы управления, контролирующей режимы работы и функции ГИС. Важными требованиями к системе являются поиск и получение данных в распределенных структурах, идентификация единиц информации, источников и потребителей (регистрация, персонафикация), создание единой точки входа для пользователей.

**Применение в ГИС математического метода стратифицированного моделирования объектов и сред.** Математический метод стратифицированного моделирования объектов и сред позволяет после построения частных моделей в геореляционном режиме ГИС сформировать единую модель на (суб)региональном уровне (рис. 5).

Целесообразность использования метода стратифицированного моделирования может быть обоснована исходя из общих представлений. Имеется замкнутая односвязная область  $D$  пространства решений некоторой задачи, в соответствии с постановкой которой в данной области требуется найти оптимальное решение [3]. Достаточно часто решение такого рода задач невозможно найти



**Рис. 4. Пилотная трехмерная модель рельефа поверхности, совмещенная с геологической картой и каркасом разломных зон:** показаны проекции разломов на глубину, район ОАО «ППГХО», г. Краснокаменск, Забайкальский край

для всей области в целом. Однако для данной методологии можно представить и более строгое математическое обоснование, в основе которого лежат декомпозиционные методы, широко применяемые при численном решении прямых задач. Тогда данная область разбивается на несколько взаимно пересекающихся областей  $D_1, D_2, \dots, D_n$  таких, что на каждой из них ищется независимое решение:

$$D \equiv \bigcup_i D_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Действительно, в связи с чрезвычайной сложностью проектирования современных информационных систем и трудоемкостью этого процесса вытекает необходимость разбиения общей задачи на более простые и поиска независимых решений для каждой из них.

Таким образом, появляется разбиение исходной сложной задачи на ряд более простых подзадач, согласование решений которых, необходимое для декомпозиции общего решения, строится посредством итерационного процесса. Следует отметить, что данная методология, лежащая в основе многих разностных схем [19], используемых при численном решении задач математической геологии, является полностью обоснованным математически аппаратом. В связи с этим она может использоваться в других областях научной деятельности, в частности при конструировании сложных информационных систем путем построения стратифицированных математических моделей.

Рациональное размещение пунктов мониторинга сейсмогеодинамических процессов связано с распределением происшедших ранее сейсмических событий на территории забайкальского сектора

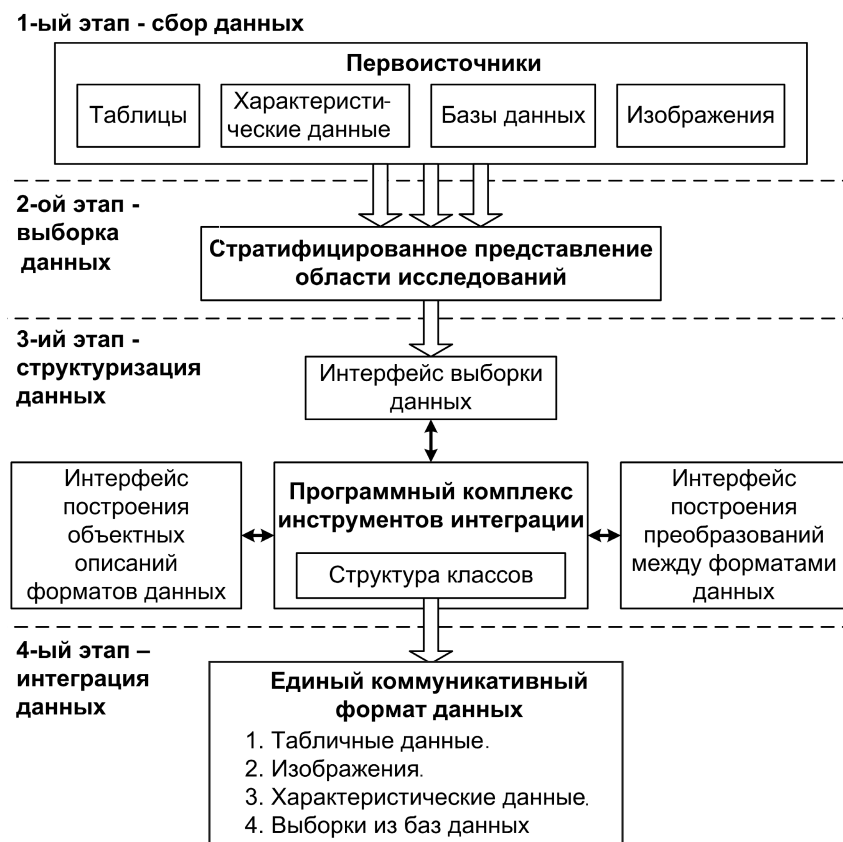


Рис. 5. Этапы обработки данных по методу стратифицированного моделирования

Монголо-Охотского подвижного пояса. Учитывается свойство повторяемости сейсмических событий. Определяющими параметрами в этом случае служат интенсивность землетрясения и положение его эпицентра. Для выделения опасных сейсмических зон разработана приводимая ниже математическая модель.

При моделировании возникает необходимость декомпозиции множества эпицентров землетрясений на областях, в центре которых находятся наиболее мощные сейсмические события. С технологической точки зрения удовлетворение информационных потребностей осуществляется конечным множеством тематически специализированных центров

$$F = \{f_i\}$$

где  $i = \overline{1, n}$ ;  $n$  — общее число центров (серверов).

Структура схемы содержит:

$$J = \overline{1, m}$$

уровней с центрами

$$q = \overline{1, r}$$

статусов, причем  $m < r$ .

Исходное множество центров  $F$  разбивается на  $M$  непересекающихся подмножеств  $F_d$ :

$$F = \bigcup_{d=1}^M F_d; F_d \cap F_n = \emptyset.$$

Требуется из каждого подмножества (объединения) элементов  $B_d$  выбрать базовый элемент  $B_i \in B$ , на основе которого формируется зона сейсмической опасности:

$$B \cap B_1 = b_1; \dots B \cap B_M = b_m;$$

$$\bigcup_{d=1}^M B_d = B,$$

где  $B$  — множество базовых элементов (центров зон).

Множество разбивается на группы элементов по принципу наибольшей пространственной взаимосвязанности объединяемых центров (элементов). Для оценки такой близости (расстояний) элементов вводятся коэффициенты

$$C'_{ij},$$

посредством которых оценивается мера связности элементов  $i$  и  $j$  с точки зрения целей декомпозиции системы. Коэффициенты в общем случае представляют собой величины, обратные интенсивности землетрясений, и должны удовлетворять условию:

$$0 \leq C'_{ij} \leq 1; C'_{ij} = \frac{1}{1 + S_{ij}},$$

где  $S_{ij}$  — степень сейсмической опасности для определенных координат эпицентра.

Зоны сейсмической опасности рассматриваются как проекции трехмерных областей гипоцентров на верхний слой земной коры. Интенсивность землетрясения на поверхности земной коры  $E$  обратно пропорциональна глубине  $r$  расположения гипоцентра:

$$E = \frac{P}{R - r},$$

где  $R$  — задаваемый критический (максимальный) уровень рассмотрения центров сейсмических явлений,  $P$  — интенсивность землетрясения в районе эпицентра:  $R > r$ .

Формирование структуры (схемы расположения центров зон) с учетом приведенных соображений осуществляется в два этапа: первый — определение коэффициентов связности центров

$$C'_{ij}$$

второй — моделирование топологических структур при заданных значениях коэффициентов

$$C_{ij}$$

Частная модель страты, организованной по критерию интенсивности землетрясения в эпицентрах, и частная модель, учитывающая расстояния между эпицентрами, объединяются по технологии ГИС с глубинной частной моделью гипоцентров в глобальную модель зон повышенной сейсмической опасности. В соответствии с глобальной моделью строится схема размещения пунктов мониторинга сейсмогеодинамических процессов.

Рассмотренный подход к декомпозиции данных реализуется в виде конкретных алгоритмов, построенных применительно к разного рода моделям классификации сейсмических событий. Визуализация режимов моделирования служит методом оценки разрабатываемых прототипов технических решений по реализации результатов теоретических исследований. При этом пользователь оперирует 4D данными в пространственном, временном и тематическом контекстах.

Происшедшая в марте 2011 г. катастрофа на АЭС «Фукусима-1» заставила исследователей более пристально взглянуть на устойчивость технологически сложных систем к природному воздействию. Последствия разрушений на АЭС, если и не приведут к пересмотру существующих стандартов сейсмической защиты, то, несомненно, инициируют рассмотрение и принятие более жестких требований, предъявляемых к системам сейсмогеодинамического мониторинга, особенно к набору его инструментальных средств, и качеству первичных геолого-геофизических данных, используемых для моделирования.

На территории забайкальского сектора Монголо-Охотского подвижного пояса организуется геодинамический полигон в целях создания системы прогноза развития сейсмогеодинамических процессов для объектов повышенной техногенной и экологической опасности. Применяются новейшие методы получения комплексных геолого-геофизических данных и их обработки с помощью геоинформационных технологий. Основные элементы геоинформационной системы — территориально централизованная и тематически распределенная база геолого-геофизических данных, трехмерная модель литосферных блоков с про-

странственным распределением сейсмогенерирующих структур, схема (ГИС-макет) размещения пунктов мониторинга сейсмогеодинамических процессов.

С помощью ГИС по методу стратифицированного моделирования получены материалы, отражающие энергетический потенциал очаговых зон землетрясений региона Юго-Восточного Забайкалья в виде схемы расположения сейсмически активных очаговых зон с учетом максимально возможной магнитуды землетрясений на основе проведения комплексной интерпретации данных глубинной геофизики. Разработанная концепция трехмерной модели литосферных блоков позволяет сделать вывод о том, что для определения количественных параметров (глубина расположения, геометрия и проводимость) сейсмически активных структур необходимо интерпретировать их в рамках 3D моделей с визуализацией морфологии поверхности сейсмически активной зоны в разрезе земной коры.

Перспективная оценка опасности развития геодинамических процессов с помощью ГИС основывается на системе комплементарных прогнозов различного масштаба и продолжительности срока. Для определения зон сейсмической опасности используется вариант применения в ГИС математического метода стратифицированного моделирования. Положение центра зоны может рассматриваться как аргумент выбора координат пункта системы сейсмогеодинамического наблюдения. Разработан подход к подготовке схемы возможной организации пунктов постоянных и временных наблюдений с учетом инфраструктурных элементов территории (дороги, водотоки, населенные пункты, промышленные предприятия, линии электропередач и т.д.).

Применение ГИС обеспечивает повышение эффективности:

оценки состояния сейсмогенерирующих структур, что позволит разработать мероприятия по предотвращению или существенному уменьшению экологических последствий природных и техногенных катастроф для объектов народного хозяйства, включая месторождения стратегических видов минерального сырья;

прогнозирования сейсмогеодинамических процессов в части пространственной связи областей генерации напряжений с конкретными геологическими структурами, что даст возможность районировать территорию по современной сейсмогеодинамической активности, включая оценку размеров сейсмоопасных зон и повышение точности прогноза магнитуд землетрясений;

использования систем мониторинга сейсмогеодинамических процессов, что позволит на единой геоинформационной платформе повысить дей-

ственность процедур принятия решений в областях рационального недропользования, осуществления природоохранных мероприятий и социально-экономического планирования.

*Работы проводятся при финансовой поддержке государственного контракта № 16.515.11.5056 с Министерством образования и науки Российской Федерации.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бюллетень* Постоянной Центральной Сейсмической Комиссии Российской АН, 1902–1908, 1911–1912. – СПб.: 1902–1913.
2. *Веселовский А.В.* Информационная поддержка исследований в области наук о Земле с помощью распределенного интегрального банка данных // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. М., 2007. Вып.7. С. 13–20.
3. *Викторов А.С., Капралова В.Н.* Применение методов математической морфологии ландшафта для оценки риска поражения линейных инженерных сооружений опасными экзогенными геологическими процессами // *Геозкология*. 2011. № 2. С. 165–173.
4. *Вращения и деформации земной поверхности в Байкало-Монгольском регионе по данным GPS-измерений / А.В.Лухнев, В.А.Саньков, А.И.Мирошниченко и др.* // *Геология и геофизика*. 2010. Т. 51. № 7. С. 1006–1017.
5. *Духовский А.А., Артамонова Н.А.* Зоны сочленения мегаблоков и гранитоидные ареал-плутоны — важнейшие глубинные рудоконтролирующие структуры Забайкальского горнорудного региона // *Региональная геология и металлогения*. 2008. № 35. С. 113–121.
6. *Интернационализация ядерного топливного цикла: цели, стратегии и проблемы / Под ред. Д.Ф.Ахерна, Н.П.Лаверова.* – Washington, DC: The National Academies Press, USA, 2008.
7. *Ищукова Л.П.* Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье. – Иркутск: Типография «Глазовская», 2007.
8. *Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97).* – М.: ИФЗ РАН, 1999.
9. *Кондорская Н.В., Шебалин Н.В.* Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977.
10. *Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых.* В 3-х томах / Под ред. Н.П.Лаверова, Д.В.Рундквиста. – М.: ИГЕМ РАН, 2006.
11. *Курленя М.В., Серяков В.М., Еременко А.А.* Техногенные геомеханические поля напряжений. – Новосибирск: Наука, 2005.
12. *Саньков В.А., Леви К.Г., Лухнев А.В., Мирошниченко А.И.* Современные движения литосферных блоков Центральной Азии по данным GPS-геодезии // *Актуальные вопросы современной геодинамики Центральной Азии*. Новосибирск, 2005. С. 165–179.
13. *Сейсмические и гравитационные образы ведущих рудных районов и полей Юго-Восточного Приаргуны (Восточное Забайкалье, Россия) / А.А.Духовский, В.А.Амантов, Н.А.Артамонова и др.* // *Геология рудных месторождений*. 1998. Т. 40. № 2. С. 99–113.
14. *Системы мониторинга сейсмогеодинамических процессов для объектов повышенной экологической и техногенной опасности: проблемы и перспективы развития / Н.С.Бортников, В.А.Петров, А.В.Веселовский и др.* // *Рациональное природопользование. Итоговая конференция Минобрнауки*. СПб., 2011. С. 30–32.
15. *Соболев Г.А.* Концепция предсказуемости землетрясений на основе динамики сейсмичности при триггерном воздействии // *Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений*. М., 2010. С. 15–43.
16. *Экстремальные природные явления и катастрофы.* В 2-х томах / Отв. ред. А.О.Глико. – М.: ИФЗ РАН, С. 2010–2011.
17. *International repository project in Russia / N.P.Laverov, V.I.Velichkin, V.A.Petrov et al.* // *WM'04 Conference*. Tucson, AZ, USA, 2004. CD.
18. *Ruchkin S.V., Loginov V.Y.* Securing the Nuclear Fuel Cycle: What next? // *Vienna. IAEA Bulletin*. 2006. Vol. 48. № 1. P. 24–26.
19. *Viktorov A.S.* Risk Assessment Based on the Mathematical Model of Diffuse Exogenous Geological Processes // *Mathematical Geology*. 2007. Vol. 39. № 8.



УДК 004.9:553.3

© И.А.Чижова, 2012

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГИИ СКВОЗЬ ПРИЗМУ ВРЕМЕНИ

И.А.Чижова (ИГЕМ РАН)

*Стоящие перед геологией задачи дают почву для развития новых методов анализа геологической информации, способствующих выявлению закономерностей, описывающих знания об объектах исследования. Именно в этом направлении в основном совершенствуется математическая геология, которая, в свою очередь, служит надежным фундаментом для плодотворного развития информационных технологий в геологии. Особенность современного этапа развития информационных технологий — переход от систем, оперирующих с данными в целях получения знаний, к системам, использующим знания для решения геологических задач.*

*Ключевые слова: информационные технологии, база знаний, экспертные системы, гибридные экспертные системы, прогнозные задачи.*

*Чижова Ирина Александровна, [tchijova@igem.ru](mailto:tchijova@igem.ru)*

### INFORMATION TECHNOLOGIES IN GEOLOGY: THROUGH TIME PRISM

I.A.Chizhova

*The problems facing to geology give the soil for development of new methods for the analysis of geological information, which are able to promote the revelation of regularity describing the knowledge of objects of research. The perfection of mathematical geology, generally, is in this direction, which, in turn, is the reliable base to fruitful development of information technologies in geology. This is the direction for development of mathematical geology. The mathematical geology is the reliable base to fruitful development of information technologies in geology. The feature of the present stage of development of information technologies is transition from the systems operating with data for the purpose of knowledge receiving, to the systems, which use knowledge for solution of geological problems.*

*Key words: information technologies, knowledge base, expert system, hybrid expert system, forecasting problem.*

Хорошо известно, что развитие наук в последнее время характеризуется их математизацией — проникновением в них математических методов и математического стиля мышления. Термин «математическая геология» означает использование в геологии методов не только одной теории вероятностей, но и многих других математических наук — геометрии, алгебры, теории множеств, топологии и т.п. [44].

Развитие новых эффективных методов анализа геологической информации зачастую вызвано ограниченными возможностями старых. Однако их применение затруднительно без компьютерных средств и информационных технологий. В то же время, будучи базисом для развития информационных технологий, математические методы способствуют их совершенству. Их взаимное гармоничное влияние друг на друга неоспоримо.

Информационные технологии являются наиболее важной составляющей процесса использования информационных ресурсов общества. К настоящему времени они прошли несколько эволюционных этапов, смена которых определялась главным образом развитием научно-технического прогресса, появлением новых технических средств переработки информации.

Под информационной технологией понимается совокупность методов, производственных и про-

граммно-технологических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации. Информационные технологии имеют дело с использованием компьютеров и программного обеспечения для хранения, преобразования, защиты, обработки, передачи и получения информации. Они предназначены для снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов, повышения их надежности и оперативности. Искусство информационных технологий заключается в том, чтобы следить за текущей деятельностью, выполнять работу в срок, добиваться результата в короткий промежуток времени, видеть общую картину и думать о стратегии, об изменениях объекта исследования, новых тенденциях и явлениях.

Среди информационных технологий (ИТ), используемых в геологии, можно выделить те, что способствовали дальнейшему прогрессу геологических исследований (рис. 1).

Первые шаги были связаны с разработкой *прикладных программ*, что потребовало от пользователей представления входной информации в цифровом виде. В результате появилась возможность использования сложных алгоритмов обработки данных и получения точных результатов.



**Рис. 1. Основные информационные технологии, используемые в геологии**

Далее получили распространение *системы автоматизации рутинных операций*, поскольку компьютеры стали доступны при проведении исследований. В результате использования текстовых и графических редакторов, программ распознавания текстов, сканирования появилась возможность представлять исходные материалы в электронном виде. Специализированные автоматизированные системы решали конкретные геологические задачи. Например, автоматизированная система управления горным производством, применяемая в условиях карьера Мурунтау, осуществляла управление автотранспортом и качеством рудопотока [16, 31], система автоматизации горных работ (mining) на базе программного обеспечения MineScare (интегрированной 3-х мерной CAD системы) создана для геологического моделирования угольных и рудных месторождений, планирования и проектирования открытых и подземных горных работ [4, 5].

Поскольку геологические исследования сопровождаются большим объемом фактического материала, который необходимо анализировать, следующий шаг в использовании ИТ был сделан в сторону разработки *баз данных и систем управления* ими. Это потребовало значительных работ по структуризации и стандартизации исходных данных [1, 2, 11, 20, 38, 39]. Унификация систем описания позволила в дальнейшем сопоставлять исследуемые объекты.

Следующей разработкой стало *применение локальных вычислительных сетей и интернет-технологий*, обеспечивших возможность доступа к различным публикациям, оперативный обмен данными между компьютерами, проведение видеоконференций [21, 29, 45].

Для обеспечения безопасности цифровых данных и конфиденциальности их использования потребовались *системы информационной безопасности*. Например, антивирусные программы, защищенные сети Secure Networks, система обнаружения вторжений Dragon, сетевой сканер безопасности «XSpider» компании *Positive Techlogies*, сетевой сканер безопасности «Internet Scanner» компании *Internet Security Systems*.

Внедрение технологий по *созданию геоинформационных систем (ГИС)* позволило получать послойные и тематические электронные карты. Такие системы хранят в базе данных описание объектов (точек наблюдения) с координатной привязкой. Поэтому стало возможным анализировать пространственное размещение геологических объектов и изучать распределение пространственной изменчивости наблюдаемых величин путем построения карт. В настоящее время геологические карты составляются в процессе геологического картирования, важными элементами которого служат инструментарий геоинформационных технологий и космические снимки. Геологические карты — основной источник информации для решения проблем развития минерально-сырьевой базы, экологии. На их основе проектируются поисковые и разведочные работы, осуществляются инженерно-геологические изыскания и другие виды хозяйственной деятельности, а также регулирование пользования недрами. Создание карт нельзя считать конечным результатом работы геоинформационной системы, поскольку она не статична. Дальнейшее развитие ГИС заключается в мониторинге и оперативном изменении информации, а также в статистической обработке, анализе и возможности прогнозирования географически привязанной информации [25, 30, 36, 37].

Кардинальным скачком в развитии геоинформационных технологий стало использование *систем извлечения знаний (Data mining)*, нацеленных на поиск закономерностей в огромном наборе фактических данных. Перевод геологических данных в цифровой вид становится неотъемлемой и обязательной частью внедрения компьютерных технологий, и на передний план выходят задачи анализа имеющихся данных. Термин «Data Mining» обозначает не столько конкретную технологию, сколько сам процесс поиска корреляций, тенденций, взаимосвязей и закономерностей посредством различных математических и статистических алгоритмов: кластеризации, регрессионного и корреляционного анализов, нейронных



сетей, методов нечеткой логики, алгоритмов распознавания. Алгоритмы Data Mining являются основой для создания моделей. Эти методы позволили сделать переход от данных (совокупности сведений) к знаниям (закономерностям, значимым для пользователя-геолога). Ряд исследователей разрабатывали специальные методы для решения геологических задач [3, 7–9, 12–15, 18, 19, 22, 23, 34 и др.].

Следующим шагом применения ИТ стала разработка систем, основанных на знаниях. Система, основанная на знаниях, — это система искусственного интеллекта, в которой предметные знания представлены в явном виде и отделены от прочих знаний системы.

Накопленная в настоящее время геологическая информация используется нерационально. В подавляющем объеме она анализируется специалистами и лишь незначительно — для выработки прогнозных и управляющих решений. Настало время перехода от систем, оперирующих данными в целях получения знаний, к системам, использующим знания для решения геологических задач. Назрела необходимость создания систем современного уровня, включающих процедуры анализа геологических ситуаций и нацеленных на повышение эффективности принятия решения пользователями в условиях неопределенностей. Поэтому в настоящее время интенсивно разрабатываются и находят практическое применение для решения прикладных задач в области геологии экспертные системы (ЭС). Под экспертной системой понимается компьютерная программа, использующая знания и логику рассуждений эксперта в целях выработки рекомендаций или решения проблем. Использование ЭС весьма удобно для геолога. Пользователь работает с системой в режиме диалога и в случае необходимости может получить нужные ему пояснения о ходе логического вывода. Наиболее эффективны в этом направлении гибридные экспертные системы, база знаний которых включает не только знания экспертов, но и закономерности, получаемые в результате анализа имеющихся баз данных.

Впервые понятие гибридных экспертных систем введено Г.С.Поспеловым в 1977 г. [53]. Гибридные экспертные системы дают возможность использовать преимущества традиционных средств и методов искусственного интеллекта, более эффективно соединять формализуемые и неформализуемые знания за счет интеграции традиционных средств искусственного интеллекта.

Использование знаний квалифицированных экспертов позволяет распространить их среди менее квалифицированных, получать обоснованные

решения, рекомендуемые экспертной системой. Последовательность этапов процесса принятия решения можно проследить в ходе анализа работы блока принятия решения системы.

Задача прогнозирования была первой среди геологических задач, для решения которой использовалась технология экспертных систем. Основой прогнозирующей системы служат многофакторные модели рудных объектов, в том виде, как они представляются геологам. Согласно принципу последовательной детализации, в качестве основных пространственных прогнозно-металлогенических таксонов как объектов исследования выделяются металлогеническая зона, рудный район, рудный узел, рудное поле, месторождение.

Экспертная система путем использования разнообразных методов и методик позволяет решать ряд задач в процессе реализации общей технологической схемы решения прогнозных задач. Основные задачи прогноза и оценки рудных месторождений — определение рудно-формационного типа месторождений и оценка их масштабности. Правила проведения прогнозной оценки перспективной территории формулируются экспертом-геологом или рассчитываются по эталонным объектам базы данных, что повышает объективность результата. Экспертные системы способствуют получению обоснованной оценки перспективных площадей и переоценке ранее открытых месторождений, обычно проводящейся при учете прироста запасов.

В базу знаний ЭС помещается вся геологическая информация, характеризующая объекты исследования. Экспертная система имитирует процесс принятия прогнозных решений специалистом-геологом, давая по ходу решения необходимые пояснения.

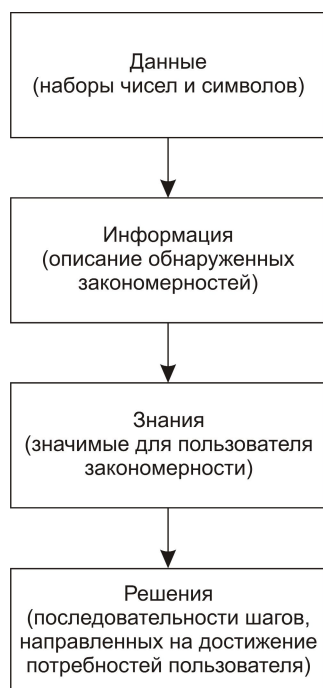
Методика получения знаний от экспертов представляет собой совокупность следующих процедур:

сбор первичной информации на основе данных диагностических методов, получивших положительную оценку эксперта в результате практической деятельности;

использование опыта и знаний экспертов для совместной разработки и создания ситуационной модели, а также определение правил исследования;

совместная оценка полученных результатов исследования, целесообразности дальнейшего развития и использования системы принятия решений.

Подход к построению системы на основе приобретения знаний от экспертов содержит такие этапы, как идентификация, концептуализация, формализация, реализация, тестирование. Индивидуальность подхода заключается в принципах, которые реализуются на каждом из перечисленных этапов.



**Рис. 2.** Схема процесса преобразования «данные – информация – знания – решения», по [26], с дополнениями

На этапе идентификации для разработки ситуационной модели определяются задачи, которые подлежат решению. Выявляются цели разработки, состоящие в получении системы принятия решений для анализа и оценки ситуаций в поставленной задаче. Определяются вычислительные ресурсы и группы экспертов по решаемой задаче.

На этапе концептуализации с участием экспертов анализируется проблемная область, создается ситуационная модель, определяется метод решения задач, проектируется структура баз данных для хранения имеющейся информации.

На этапе формализации создаются модель анализа и оценки ситуаций, база данных, алгоритмы, которые обеспечивают необходимые расчеты.

На этапе реализации выбирается программная среда для разработки приложения, формальные знания преобразуются в программы по анализу и оценке ситуаций, а также по работе с используемыми структурами данных. Осуществляется наполнение базы знаний системы.

На этапе тестирования совместно с экспертом проверяется работа созданного варианта системы на конкретных задачах. Анализируются возможные источники ошибок.

Данная последовательность действий позволяет получать работоспособные системы. Экспертная система содержит знания в определенной пред-

метной области, накопленные в результате практической деятельности человека (или человечества), и использует их при решении проблем, специфичных для данной области. Этим экспертные системы отличаются от прочих «традиционных» систем, в которых предпочтение отдается более общим и менее связанным с предметной областью теоретическим методам, чаще всего математическим.

Направление по созданию экспертных систем в геологии развивается сравнительно давно. Среди ЭС, успешно применяемых в геологии, отметим системы для решения прогнозных задач: PROSPECTOR для оценки перспективности района на различные виды полезных ископаемых [49], DRILLING ADVISOR при бурении геологических разведочных скважин [50], ГЕНЕЗИС для автоматизации технологии построения и использования прогнозно-поисковых комплексов (ППК) [6, 10, 46], SERGE для классификации геохимических аномалий при поисках твердых полезных ископаемых [48], ГЕО для регионального прогноза свинцово-цинковых месторождений Болгарии [27], ОЛОВО для оценки оловянных месторождений [28], экспертная система для статистического прогнозирования средних и крупных месторождений [51], прогнозный блок системы ГИС-INTEGRO [17, 35], экспертная система для оценки масштабов вольфрамового оруденения [24].

Упомянутые выше экспертные системы опирались на базу знаний, построенную на основе полученных знаний от эксперта и дальнейшего их структурирования. Для принятия решений использовались продукционные правила типа «если – то», сформулированные экспертом.

В 1991 г. при создании автоматизированных прогнозно-поисковых комплексов автором (И.А.Чижова, 1991; [47]) впервые предложено для формулирования решающих правил использовать базы данных и применена технология построения гибридных экспертных систем, использующих комплексные базы знаний, включающие не только знания экспертов, но и закономерности, получаемые в результате анализа имеющихся баз данных по исследуемым геологическим объектам. С 1996 г. вопрос об использовании расчетных решающих правил стал активно обсуждаться в литературе.

В ходе сбора данных, предназначенных для использования при решении задач, происходит процесс их преобразования в знания, необходимые для получения результата (рис. 2). Согласно данным работы [26], под извлечением знаний из базы данных подразумевается следующая трансформация: переход от данных (наборов чисел и символов) к информации (описание обнаруженных закономерностей), знаниям (значимым для пользователя зако-

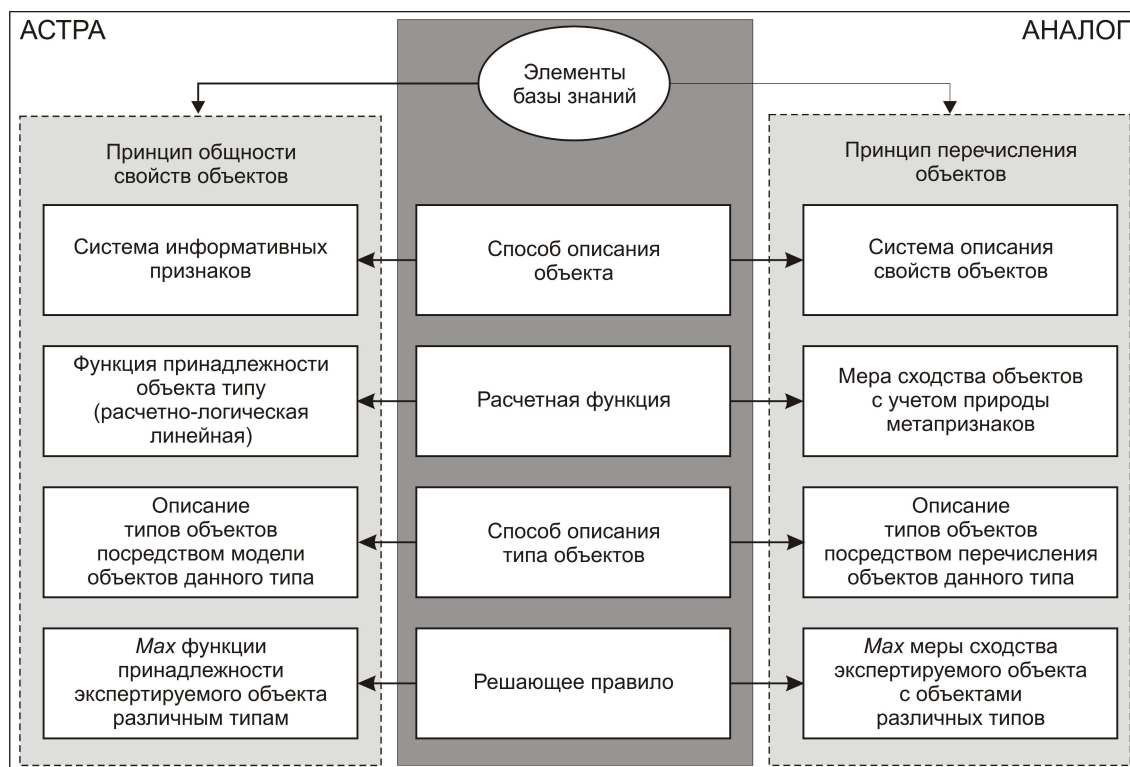


Рис. 3. Особенности структуры базы знаний экспертной системы при использовании различных принципов ее построения

номерностям), решениям (последовательности шагов, направленных на достижение цели).

Под процессом приобретения знаний подразумевается следующая процедура: получение знаний от эксперта и из баз данных; организация (структурирование) знаний; представление знаний в виде, понятном экспертной системе.

Под базой знаний понимается организованная совокупность знаний в форме, которая допускает их автоматизированное использование в экспертной системе. База знаний включает совокупность специфических для решаемой задачи фактов, целей и процедур (решающих правил), необходимых экспертной системе для решения задачи. От качества базы знаний целиком зависит успех в решении задач, поставленных перед экспертной системой.

Гибридные экспертные системы используют разные методы представления и обработки знаний, а также средства обработки данных, в том числе оптимизационные алгоритмы и концепции баз данных. Они наилучшим образом соответствуют решению прогнозных геологических задач, поскольку дают возможность одновременно использовать знания квалифицированных экспертов-геологов и объективные закономерности, полученные в результа-

те математического анализа имеющегося фактического геологического материала по объектам исследования на различных иерархических уровнях. Для прогноза и оценки рудных месторождений такие системы можно рассматривать как распознающие и проводить их построение на основе методологии теории распознавания образов. Согласно работе [33], в данной теории основными принципами для построения распознающих систем являются принципы общности свойств и перечисления объектов. На их базе автором разработаны две технологии — АСТРА и АНАЛОГ. Особенности построения баз знаний при использовании этих подходов приведены на рис. 3. В зависимости от выбранного подхода разработаны процедуры построения баз знаний, элементы которых различаются по выбору способов описания объектов исследования и их типов, вида расчетных функций и решающих правил [41].

В первом случае (АСТРА), опираясь на принцип общности свойств, основанный на предположении, что объекты, образующие один класс, обладают свойством подобия, отраженного в их характеристиках, необходимо выделить системы информативных признаков, описывающих группу объек-

тов в целом (отождествляющие признаки) и каждый тип в отдельности (делящие признаки), и на их основе построить решающее правило для отнесения экспертируемого объекта к одному из выделенных типов объектов. Решающие правила для идентификации объектов строятся на основе изучения их многофакторных моделей логико-информационными методами в целях получения многомерной оценки информативности входящих в нее признаков [40]. С помощью этих методов возможны: выделение системы информативных признаков, оценка их значимости и построение надежных решающих правил для идентификации объектов на основе полученных оценок, а также обработка разнотипной информации, оценка достоверности результатов идентификации, определение объема используемой входной информации, необходимого для получения результатов с заданной точностью. Кроме того, методы обеспечивают автоматизацию процесса построения элементов комплексной базы знаний гибридной экспертной системы.

Во втором случае (АНАЛОГ) используется некоторая мера сходства для определения степени близости экспертируемого объекта к одному из эталонов. При этом возможен выбор ближайшего аналога экспертируемого объекта из эталонных объектов, содержащихся в базе данных, по любому набору признаков, что позволяет пользователю проверять различные гипотезы и сравнивать эффективность работы выбранных критериев.

Технологии апробированы при создании специализированных экспертных систем для прогноза и оценки золото-серебряных месторождений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса [32], поиска ближайшего аналога золоторудных объектов среди золоторудных месторождений мира, решения прогнозно-металлогенических задач по методу аналогий [42]. Геологическая задача была поставлена М.М.Константиновым. Выводы, получаемые по аналогии, существенно зависят от того, какие свойства эталонного и оцениваемого объектов будут сравниваться.

При экспресс-оценке месторождений целесообразно использование графической информации для характеристики наиболее сходных с ними эталонных объектов, что обеспечивает наглядное представление признаков и геологических характеристик, не определявшихся на экспертируемом слабоизученном объекте. Поэтому экспертную систему экспресс-оценки месторождений на основе выбора объекта-аналога следует дополнять графической базой данных, содержащей геологические материалы, необходимые при анализе месторождений, но которые невозможно дать в текстовом

или цифровом виде. Это реализовано в системе АНАЛОГ для анализа золоторудных месторождений мира [43], в которой графическая база содержит 2D-, 3D-модели эталонных месторождений.

В настоящее время следует уделять пристальное внимание форме отображения собираемой графической информации. Унификация и стандартизация иллюстративной графической информации (растровых изображений) позволяет усилить ее когнитивные (познавательные) свойства, поскольку в данной ситуации упрощается процедура ее анализа при сопоставлении.

Современные 2D-, 3D-модели месторождений стали их некоторым геоинформационным отображением. Они могут непрерывно совершенствоваться по мере поступления новой информации. Следующим шагом должен быть переход к четырехмерному моделированию [52], т.е. следует ввести четвертое измерение — время, которое неявно, в виде стратиграфического расчленения толщ по-род, присутствует на геологической карте. Это даст возможность шаг за шагом двигаться во времени назад и смотреть, как выглядели конкретные месторождения и геологические структуры в другие эпохи, какие в то время существовали палеогеографические обстановки, каким был термальный или флюидный режим и т.п. Пока алгоритмы построения 4D-моделей довольно трудоемки, но в дальнейшем возможно и их широкое использование.

Основные положения технологии решения прогнозных задач на основе экспертных систем следующие:

экспертная система должна быть гибридной (включать модели, предложенные экспертом, и модели, получаемые на основе анализа эталонных объектов);

база знаний может быть построена на основе анализа эталонных объектов двумя способами: по технологии АСТРА (с использованием обобщенных логико-информационных методов при создании моделей объектов различных типов) или по технологии АНАЛОГ (на основе вычисления мер сходства);

для ускорения процесса принятия решения по методу ассоциативной аналогии целесообразно использование баз данных графической информации по эталонным месторождениям;

обобщенные логико-информационные методы позволяют представлять построенные модели объектов в виде, допускающем их автоматизированное использование;

программные модули формируются в соответствии с выделенными металлогеническими таксонами для каждой стадии геологоразведочных работ.

Разработанные подходы к созданию баз знаний гибридных экспертных систем позволяют строить надежные специализированные системы для экспресс-оценки геологических объектов различного металлогенического ранга по методу аналогий, что подтверждено примерами реализации предложенного метода для золоторудных месторождений.

Новые оригинальные решения всегда являлись естественным продолжением комплексного изучения проблемы. Последовательно анализируя этапы развития информационных технологий в геологии, можно предполагать, что дальнейшие пути в этом направлении, по-видимому, будут связаны, во-первых, с переходом к 4D-моделированию с простой формой визуализации, которое открывает новые возможности при исследовании свойств и состояния природных объектов, во-вторых, с созданием систем, основанных на знаниях, по наиболее перспективной гибридной технологии. Это потребует усложнения используемых математических методов для обеспечения быстрого получения надежных результатов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Госконтракты 16.515.11.5014, 16.515.11.5056) и РФФИ №12-05-90413=Укр\_а.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арский Ю.М., Веселовский А.В., Шогин А.Н. Модель интегрированной информационно-аналитической системы сопровождения фундаментальных исследований в области наук о Земле // НТИ ВИНТИ. 2007. Сер. 1. № 7.
2. Арский Ю.М., Леонтьева Т.М., Шогин А.И., Свинтицкий И.Л. Информационные ресурсы базы данных ВИНТИ для наук о Земле // НТИ ВИНТИ. 1998. Сер. 1. № 10. С. 18–27.
3. Бекжанов Г.Р., Бугаец А.Н., Лось В.Л. Геологические модели при прогнозировании ресурсов полезных ископаемых. – М.: Недра, 1987.
4. Богданов М.Н., Бадтиев Б.П., Горбунов С.П. Техническое перевооружение и модернизация горного производства ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» // Добыча и переработка руд норильского промышленного района. Норильск, 2005. С. 4–10.
5. Богданов М.Н., Горбунов С.П., Бадтиев Б.П. Техническое перевооружение и модернизация горного производства // Цветные металлы. 2005. № 10. С. 38–42.
6. Бугаец А.Н., Вострокнутов Е.П., Вострокнутова А.И. Новый подход к автоматизации прогнозирования на основе технологии экспертных систем // Экспресс-информация ВИЭМС. Сер. Математические методы и автоматизированные системы в геологии. 1986. Вып. 3. С. 1–12.
7. Васильев Ю.Л., Дмитриев А.Н. Спектральный подход к сравнению объектов, охарактеризованных набором признаков // Докл. АН СССР. 1972. Т. 206. № 6. С. 1309–1312.
8. Воронин Ю.А. Исследование операций при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. – Новосибирск: Наука, 1983.
9. Воронин Ю.А., Черемисина Е.Н., Воронин А.Ю. К постановке и решению задач сейсмрайонирования // Вычислительные технологии. 1996. Т. 1. № 3. С. 29–35.
10. Вострокнутов Е.П. «Генезис» — экспертная система для прогнозно-геологических исследований // Отечественная геология. 1999. № 6. С. 27–31.
11. Гвишиани А.Д. Разработка и реализация новой концепции, методов и программных средств построения междисциплинарных систем организации геолого-геофизических данных // Информационный бюллетень РФФИ. 1995. Т. 3. № 7. С. 20.
12. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р. Определение аномалий на временных рядах методами нечеткого распознавания // ДАН. 2008. Т. 421. № 1. С. 101–105.
13. Гвишиани А.Д., Гурвич В.А. Динамические задачи классификации и выпуклое программирование в приложениях. – М.: Наука, 1992.
14. Дмитриев А.Н., Красавчиков В.О. Тестовый подход в решении проблем обработки геологической информации // Логико-информационные исследования в геологии. Новосибирск, 1977. С. 3–47.
15. Исследование морфологии сигнала на основе алгоритмов нечеткой логики / С.М.Агаян, Ш.Р.Богоутдинов, А.Д.Гвишиани и др. // Геофизические исследования. 2005. № 1. С. 143–155.
16. Канцель А.В., Червоненкис А.Я. Мультиструктурная модель гидротермального геохимического поля // Геология рудных месторождений. 1990. № 1. С. 9–11.
17. Кирпичева Е.Ю. Методика и геоинформационная технология прогнозирования рудных объектов на основе банка эталонных моделей: Автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 2007.
18. Куклин А.П. Применение распознающих программ при металлогенических исследованиях // Колыма. 1967. № 5. С. 37–39.
19. Кулик С.Д. Применение нейросетевого подхода в информационных и экспертных системах // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2007. № 2–3. С. 93–118.
20. Лаверов Н.П., Арский Ю.М., Савин Г.И., Жижченко А.Б. Интегральное информационное поле в науках о Земле // Вестн. РАН. 2008. Т. 78. № 10. С. 875–879.
21. Лаврик О.Л., Калюжная Т.А. Интернет как источник информации для подготовки аналитического обзора // Оптимизация информационно-библиографического обслуживания ученых и специалистов. Новосибирск, 2000. С. 51–57.

22. Лбов Г.С. Методы обработки разнотипных экспериментальных данных. – Новосибирск: Наука, 1981.
23. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. – М.: Мир, 1968.
24. Митрофанов И.В., Чернов Б.С., Гетманская Т.И., Лавров М.М. Опыт использования экспертной системы в задаче локального прогнозирования вольфрамовых месторождений // Разведка и охрана недр. 2009. № 11. С. 62–68.
25. Наумова В.В. Концепция создания региональных геологических ГИС (на примере ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии»): Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. – Иркутск, 2004.
26. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шанот М.Д. Статические и динамические экспертные системы. – М.: Финансы и статистика, 1996.
27. Применение экспертной системы ГЕО для регионального прогноза свинцово-цинковых месторождений Болгарии / В.Б.Гитис, Т.В.Добрев, Б.В.Ермаков и др. // Геофизический журнал. 1989. Т. 11. № 4. С. 36–48.
28. Родионов С.М., Сыркин В.К. Экспертная прогнозирующая система «Олово» // Тихоокеанская геология. 1995. Т. 14. № 5. С. 63–71.
29. Рябинков А.И. Разработка принципов создания информационно-поисковой Интернет-системы в области наук о Земле: Автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 2006.
30. Создание и телекоммуникационная адаптация геоинформационных систем для комплексного глобального металлогенического анализа / Д.В.Рундквист, Н.А.Вишневецкая, Ю.Г.Гатинский и др. // Информационный бюллетень РФФИ. 1996. Т. 4. № 7. С. 88.
31. Способ управления погрузочно-транспортными средствами на карьерах при селективной выемке руд и система автоматизированного управления качеством рудопотока на основе экскаваторно-автомобильного комплекса / А.В.Канцель, М.А.Канцель, Э.М.Богушевский и др.: Патент Российской Федерации № 2100844 Кл. G07C5/08 от 27.12.1997.
32. Стружков С.Ф., Чижова И.А., Константинов М.М. Опыт разработки автоматизированной экспертной системы прогноза золоторудных месторождений на примере Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Руды и металлы. 2000. № 2. С. 28–49.
33. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978.
34. Тюпкин Ю.С., Родкин М.В., Гвишиани А.Д., Лабунцова Л.М. Очаг неравновесного процесса в сейсмологии и геологии полезных ископаемых: общие подходы и простые модели // Геофизические исследования. 2006. № 6. С. 23–34.
35. Черемисина Е.Н., Митракова О.В., Финкельштейн М.Я. Методика постановки и решения прогнозно-диагностических задач в природопользовании // Геоинформатика. 1999. № 3.
36. Черемисина Е.Н., Никитин А.А. Геоинформационные системы в природопользовании // Геоинформатика. 2006. № 3. С. 5–20.
37. Черемисина Е.Н., Суханов М.Г. Методика и технология создания распределенной автоматизированной информационной системы обеспечения работ по геологическому изучению недр // Разведка и охрана недр. 2008. № 9. С. 125–130.
38. Чесалов Л.Е. Создание единой среды для интеграции информационных ресурсов в природопользовании: Дис... д-ра техн. наук. – М., 2005.
39. Чесалов Л.Е., Черемисина Е.Н., Ужкенов Б.С., Акылбеков С.А. Создание и развитие информационной системы государственного банка информации о недрах и недропользовании Республики Казахстан // Геоинформатика. 2006. № 4. С. 1–6.
40. Чижова И.А. Логико-информационное моделирование при прогнозно-металлогеническом анализе перспективных площадей // Современные проблемы рудной геологии, петрологии, минералогии и геохимии. М., 2010. С. 59–84.
41. Чижова И.А. Особенности построения интеллектуальных экспертных систем для прогнозной экспресс-оценки перспективных площадей // Электронная Земля: использование информационных ресурсов и современных технологий для повышения достоверности научного прогноза на основе моделирования решений в интегральных информационных полях. М., 2009. С. 323–331.
42. Чижова И.А., Константинов М.М., Стружков С.Ф., Покровский Д.А. Информационно-аналитическая система экспрессной оценки золоторудных месторождений: выбор объекта-аналога и когнитивная графика // Геоинформатика. 2009. № 2. С. 12–18.
43. Чижова И.А., Константинов М.М., Стружков С.Ф. Опыт разработки графической базы данных для информационно-аналитической системы экспресс-оценки золоторудных месторождений на основе выбора объекта-аналога // Геология рудных месторождений. 2009. Т. 51. № 5. С. 461–469.
44. Шаранов И.П. Системный анализ и математизация геологии // Математические методы и автоматизированные системы в геологии (обзор). М., 1995.
45. Шогин А.Н. Распределенная информационно-аналитическая система для поддержки исследований в науках о Земле: Автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 2008.
46. Экспертная система «Генезис»: представление знаний для решения природоресурсных задач / Под ред. Е.П.Вострокнутова. – СПб.: Анатолия, 2006.
47. Экспертные системы для прогноза и поисков россыпных и коренных месторождений золота / И.А.Чижова, Ю.А.Эпштейн, Е.В.Матвеева и др. // Руды и металлы. 1993. № 1–2. С. 42–46.
48. Bonnefoy D., Jébrak M., Rousset M.C. and Zeegers H. SERGE: An expert system to recognize geochemical anomalies // Journal of Geochemical Exploration. 1989. Vol. 32. Issues 1–3. April. P. 343–344.
49. Duda R.O., Gaschnig J.G. and Hart P.E. Model design in Prospector consultant system for mineral exploration // Expert systems in the micro-electronic age. Edinburgh, 1979. P. 153–167.

50. Hollander C.R. and Iwasaki Y. The drilling advisor: an expert system application // In Fundamentals of Knowledge Engineering, Teknowledge Report. 1983.
51. Zhao Pengda, Hu Guangdao, Li Xinzhong. Expert System for Statistical Prediction of mineral Deposits on Middle and Large Scales // Earth Science (Journal of China University of Geosciences). 1996. Vol. 27. № 3.
52. [www.geol.msu.ru/iop-msu/10B3/3D.htm](http://www.geol.msu.ru/iop-msu/10B3/3D.htm) — сайт геологического факультета Московского государственного университета.
53. [www.ccas.ru/personal/g\\_pospel/g\\_pospel.htm](http://www.ccas.ru/personal/g_pospel/g_pospel.htm) — сайт Учреждения Российской академии наук Вычислительного центра им. А.А.Дородницына РАН.

УДК 553.411:552.578.3 (571.1/.5)

А.Л.Галямов, В.Д.Конкин, 2012

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛЕНСКОЙ ЗОЛОТОРУДНОЙ ПРОВИНЦИИ

А.Л.Галямов, В.Д.Конкин (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

*На примере Ленской золоторудной провинции рассмотрены возможности применения ГИС-технологий при прогнозно-металлогеническом районировании, оценке золотоносности и выделении площадей, перспективных на выявление новых месторождений. При использовании базовых принципов прогнозно-металлогенических построений выделены структурно-формационные и металлогенические таксоны, ранжированные по потенциальной перспективности.*

*Ключевые слова: черносланцевые формации, рудоконтролирующие факторы, прогнозирование, ГИС-технологии, логико-статистические методы.*

Галямов Андрей Львович, Конкин Виктор Дмитриевич, [metallogeny.tsnigri.ru](http://metallogeny.tsnigri.ru)

## GIS TECHNIQUES APPROACH IN METALLOGENIC MAPPING OF BLACK SHALES IN LENSKAYA GOLD-ORE PROVINCE

A.L.Galyamov, V.D.Konkin

*The GIS methodology in metallogenic taxonomy mapping and potential gold evaluation are considered in case of Lenskaya gold-ore province. The principal metallogenic model elements for mapping and the basic requirements for gold-bearing black-shales of province are shown. Spatial data analysis and weight of evidence techniques applied for the potential ore districts dedication.*

*Key words: potential black shales, ore control, metallogenic model, GIS techniques, weight of evidence, spatial data analysis.*

Современные технологии прогноза и поисков месторождений твердых полезных ископаемых опираются на комплексные прогнозно-поисковые модели металлогенических таксонов соподчиненного ряда: структурно-металлогеническая зона (структурно-формационная зона) – рудный район (структурно-формационная подзона с рудоносными и потенциально рудовмещающими формациями) – рудное поле (структурно-фациальный обособленный блок) – перспективный участок (площадь потенциального месторождения с прямыми косвенными признаками рудной минерализации) – рудное тело. В практике прогнозно-поисковых работ модели месторождений позволяют по геологическим ситуациям определять их возможное положение и оценивать скопления рудного вещества в форме качественных и количественных параметров прогнозных ресурсов.

Как показывает опыт разработки эталонных прогнозно-поисковых моделей металлогенических таксонов и их эквивалентов, перспективных на выявление золоторудных месторождений в черносланцевых терригенных комплексах, а также материалы по закономерностям размещения этих месторождений в золоторудных провинциях восточных регионов России, такие модели создаются на основе факторов — формационный и литолого-стратиграфический, структурно-тектонический и палеоструктурный, магматический, метасоматический и минералого-геохимический, геофизический. Эти факторы и признаки рудоносности разного масштаба обуславливают соответствующий набор методов их выявления, образующих в совокупности рациональный прогнозно-поисковый комплекс. Содержание прогнозно-поисковых комплексов для

золоторудных месторождений в терригенных и черносланцевых структурно-вещественных комплексах детально рассмотрено в соответствующих методических руководствах.

Перспективы выявления новых золоторудных объектов в ареалах распространения потенциально золотоносных углеродисто-терригенных толщ в значительной мере связаны с развитием технологии и методов поисков скрытого и слабоэродированного оруденения. При этом необходимо решить проблему интерпретации и оценки многочисленных геохимических аномалий, обнаруживаемых экспрессными малозатратными методами при площадных съемках, в развитии которых в последние годы достигнуты большие практические успехи.

Выполненные в ЦНИГРИ научно-методические исследования показали, что только комплексный подход к решению прогнозно-поисковых задач обеспечивает новый более высокий уровень достоверности прогнозных оценок, который достигается путем суммирования поисковых вкладов независимых групп критериев. Расширение круга «вещественных» индикаторов оруденения с охватом различных уровней организации вещества (породного, минерального, элементного, ионного, изотопного) возможно при комплексном исследовании околорудных метасоматических, минералогических и геохимических ореолов на основе современных аналитических методов и технологий. Такая методика использована при прогнозе и поисках золоторудных месторождений основных геолого-промышленных типов на золоторудных полях Байкало-Патомского, Северо-Байкальского, Енисейского и Центрально-Колымского регионов, Казахстана, Узбекистана, Урала и в ряде случаев способствовала выявлению новых перспективных площадей и вскрытию ранее неизвестных рудных тел.

Общие принципы осуществления прогнозно-металлогенических построений заложены в ходе мировой истории металлогенических исследований, а на современном этапе обобщены А.И.Кривцовым [7] и Е.Хаммербеком [16]. С их помощью используются различные варианты совместного анализа информационных слоев (карт), характеризующих собственно геологическую среду, ее рудоносность и физические характеристики. Основное требование к современным прогнозно-металлогеническим построениям — обеспечение воспроизводимости их результатов, поскольку от этого зависит уровень достоверности прогнозных оценок, определяющих целесообразность постановки ГРП и их очередность. Воспроизводимость построений достигается, прежде всего, за счет использования непосредственно наблюдаемых геологических факторов, совокуп-

ность которых составляет закономерности размещения месторождений в исследуемой геологической среде. Такого рода закономерности, выражаемые комплексом элементов-признаков (характеристик) установлены на достаточно хорошо изученных площадях с выявленными месторождениями. Прогнозно-поисковые модели последних характеризуют эталонные или типовые металлогенические таксоны, которые обладают комплексом выявленных характеристик и признаков, составляющих прямое признаковое пространство. С другой стороны, геофизическими, геохимическими и другими вспомогательными методами выявляется широкий спектр дополнительных характеристик, прогнозно-металлогеническое значение которых может оцениваться через отражение рудоносных обстановок в соответствующих геофизических и геохимических полях и их структурных элементах. Соответственно, на площадях, располагающихся за пределами типовых металлогенических обстановок, выделяются признаки, фиксирующие рудоносность последних, а также участки с характеристиками, для которых обосновано совпадение с теми или иными признаками рудоносности, т.е. их отражение.

Все выявленные элементы признакового пространства провинций сводятся на карте прогнозно-поисковых признаков. При этом должна обеспечиваться сходимость структурно-формационных и металлогенических границ. Целям построений отвечает ограниченное число такого рода сочетаний, выбираемых по принципу: наблюдаемые геологические и металлогенические характеристики — оценка их возможного отражения в различных «слоях» карты. По полноте выраженности прогнозно-поисковых признаков выделяются структурно-вещественные таксоны (формации, зоны, подзоны внутри зон, потенциальные рудные районы) различной перспективности — перспективные, потенциально перспективные, возможно перспективные, с неясными перспективами, что в принципе отвечает очередности геолого-поискового освоения.

В основе использования принципов металлогенических построений лежит изображение геологических объектов в виде моделей. Геологические объекты, как и другие объекты материального мира, представляют собой систему взаимодействующих более мелких подсистем, обладающих некими свойствами, изменяющимися при взаимодействии, а также в результате воздействия внешних факторов на систему в целом. Единство состава и структурная общность определяют целостность системы.

Фундаментальная особенность геологической среды заключается в иерархической простран-



ственной структурированности. Наиболее полная характеристика объектов выявляется при изучении структурированных свойств объекта и моделировании взаимоотношений его элементов между собой и с окружающей средой. Сложный состав и многообразие свойств моделируемых геологических объектов, обусловленные процессами их возникновения и эволюции, определяют необходимость анализа процессов взаимодействия составных элементов объектов во времени и пространстве. В основе такого анализа лежат фундаментальные научные закономерности, законы логики и статистики, а результаты отражаются в моделях объекта в виде формализованных семантических и математических выражений. Существует ряд методов формализации процессов взаимосвязи элементов модели объекта. Среди них наиболее распространены методы фактов и правил, логики предикатов, нейро- и семантических сетей. Все они основываются на анализе пространственных данных с использованием сетевых технологий. Созданные таким образом модели относятся к экспертным и интеллектуальным системам.

При компьютерном анализе картографической информации применяются, как правило, ГИС-технологии. В их основе — возможность непосредственного управления пространственными базами данных, разветвленные механизмы их начальной обработки. Применение ГИС позволяет анализировать важное свойство объектов — их пространственные связи с другими объектами и на этой основе использовать в прогнозно-металлогеническом районировании. Основное средство компьютерных технологий районирования — выявление закономерных пространственных соотношений элементов моделей металлогенических обстановок, выделение областей их благоприятного сочетания и оконтуривание новых площадей, перспективных для обнаружения месторождений того или иного рудно-формационного типа.

Одним из подходов при анализе, изучении и моделировании металлогенических обстановок является применение логико-статистических пакетов определения закономерностей размещения рудных объектов в связи с различными геологическими факторами — вмещающими породами, структурными формами геологических тел, тектоническими нарушениями, наложенными гидротермальными изменениями и др. Впервые этот подход к решению оценки потенциальной рудоносности продемонстрирован в публикациях Геологической службы Канады [15]. В них описывается новый методологический подход к составлению карт перспективной рудоносности путем логико-статисти-

ческого пространственного сопоставления геологических, геофизических и геохимических данных. Методика основана на статистических расчетах, разработанных для решения задач диагностики в медицине [18]. Новое направление позднее использовалось для прогнозирования массивных сульфидных руд в районе Абитибиды [14], золота Новой Шотландии [14], месторождений типа Куроко [17]. При этом используются различные методические модели (признаковой значимости, вероятностная, нечеткой логики и др.). В настоящее время этим методом осуществляется выявление потенциальных рудоносных площадей в Австралии, Канаде, Южной Америке, Южной Корее, Иране и Китае (материалы 32-го МКГ).

На примере анализа с применением ГИС-технологии разномасштабных геологических, структурно-формационных, геохимических и геофизических карт, а также данных специализированного дешифрирования космоснимков приведены прогнозно-металлогеническое районирование территории Ленской провинции, оценка перспектив потенциальной золотоносности отдельных рудных районов и площадей ранга рудных узлов.

Байкало-Патомская (Ленская) золотоносная провинция охватывает северную часть Байкальской складчатой области [4, 5, 10]. Основные структурные элементы провинции — Мамско-Бодайбинский и Патомский синклиналии, Олоkitский синклиналии, Витимо-Патомо-Нечерский антиклиналий, образованный Чуйским, Нечерским и Тонодским выступами докембрийского основания. Контуры провинции соответствуют границам развития рудоносных рифей-вендских углеродистых формаций. На востоке, севере и западе — это граница Байкальской складчатой области со структурами чехла Сибирской платформы. Южная граница проводится по северному фасу выходов гранитоидных батолитов, трассирующих зону Муйского (Байкало-Муйского) глубинного разлома, прослеживающегося от северного окончания оз. Байкал до северного фланга архейско-протерозойской Муйской глыбы.

В рифейский период территория Ленской провинции была представлена активной окраиной Сибирского палеоконтинента восточно-азиатского типа [8, 11]. Здесь формировались терригенные и карбонатно-терригенные структурно-вещественные комплексы мелководного внешнего (Прибайкало-Патомского прогиба) и внутреннего (Мамско-Бодайбинского прогиба) шельфов палеоконтинента и отложения разделяющей их Чуйско-Тонодско-Нечерской зоны внутренних палеоподнятий — вулканы основного-среднего и реже кислого состава.

вов, железистые кварциты, песчано-алевролитоглинистые осадки. Терригенные обломочные фации, слагающие склоны поднятий, к югу замещаются мощными толщами флишевых карбонатно-терригенных и терригенных формаций внешнего шельфа, переходящими вблизи южной границы провинции в турбидитные фации.

Золотоносные черносланцевые структурно-вещественные комплексы формировались в осадочном бассейне в обстановках прогибов на шельфе и склоне континентальной окраины от раннего протерозоя до позднего рифея–венда включительно с унаследованными режимами осадконакопления. Рифтовые структуры в основании прогибов на Тонодском и Чуйском поднятиях и в основании Бодайбинского синклинория проявлены в распределении фаций нижнерифейских вулканогенных отложений [3–5, 11]. Золоторудная минерализация наиболее широко развита в центральных и южных частях надрифтового прогиба в относительно глубоководном сегменте морского бассейна к югу от предполагаемой его внешней шельфовой зоны в полосе Чуйско-Тонодской дуги поднятий.

Интрузивно-вулканогенные комплексы, распространённые южнее провинции, относятся к реликтам предполагаемой рифейской энсиматической океанической коры. Комплекс, протягивающийся от Северо-Муйской и Южно-Муйской архей-протерозойских глыб к северному окончанию оз. Байкал, рассматривается одними геологами как рифтогенный [11], а другими как островодужный [12].

В позднем венде – раннем палеозое толщи провинции испытали региональный метаморфизм и складчатость. Региональный метаморфизм пород Бодайбинского и Олоkitского прогибов по изотопным датировкам фиксируется в интервале 625–520 млн. лет [6]. Осадочные породы зонально метаморфизованы, степень метаморфизма изменяется от низов зеленосланцевой до высокой амфиболитовой фации. В зонах высокотемпературных фаций формировались гранитогнейсовые купола. В процессе позднепалеозойской тектономагматической активизации рифей-вендские отложения были прорваны позднепалеозойскими гранитоидами.

Накопление золотоносных углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных пород в провинции завершилось во второй половине венд-кембрийского времени, когда активная континентальная окраина восточно-азиатского типа прекратила свое существование. В северном Прибайкалье, в том числе и на территории Олоkitского прогиба, в межгорных прогибах накапливались мощные молласоидные терригенные и карбонатные толщи, а в

Бодайбинском прогибе — платформенные терригенно-карбонатные и карбонатные осадки.

В пределах золотоносной провинции известно уникальное по масштабам золото-рудное месторождение Сухой Лог, а также несколько крупных месторождений — Чертово Корыто, Невское, Голец Высочайший и др. Они относятся к золото-сульфидной мышьяковистой, золото-сульфидно-кварцевой жильно-прожилковой и золото-кварцево-рудной формациям.

Золоторудная минерализация в промышленных масштабах наиболее широко развита в пределах Бодайбинского синклинория, где она охватывает средне-верхнерифейские и вендские отложения разреза синклинория. За его пределами на Чуйско-Нечерском поднятии рудные проявления золота известны в нижнепротерозойских черносланцевых толщах (месторождения Чертово Корыто и Юбилейное в михайловской свите), а также в нижнерифейской терригенной конгломерат-песчаниковой с фациями андезито-базальтов, их туфов и железистых кварцитов формации (жильное золото-кварцевое проявление Водораздельное).

Структурно-формационное районирование Ленской провинции базируется на анализе размещения и структурной позиции различных формационных комплексов, среди которых выделяются архейско-раннепротерозойский метаморфический комплекс основания и геологические формации верхней части архейско-раннепротерозойского фундамента. Они участвуют в строении двух мегазон, различающихся по геодинамическим режимам формирования и вещественному выполнению. Первая из них, развивавшаяся в режиме пассивной континентальной окраины и захватившая почти всю территорию провинции, характеризуется накоплением преимущественно флишеидных углеродсодержащих осадочных пород. Плутоногенные комплексы включают гранитоидные, базитовые, ультрабазит-базитовые и перидотит-долеритовую формации. Вторая мегазона, расположенная на юго-западном фланге провинции, представляет краевой вулканоплутонический пояс (Акитканский ВПП), в строении которого, наряду с осадочными породами, значительную роль играют эффузивные и пирокластические образования. Ареалы распространения вмещающих стратифицированных и интрузивных комплексов, слагающих Чуйско-Тонодский, Нечерский и Акитканский выступы, Байкало-Патомский, Мамско-Бодайбинский и Олоkitский синклинории, определяют контуры структурно-формационных зон и подзон.

По пространственным сочетаниям ареалов размещения вертикально-латеральных рядов геологи-

ческих формаций в современном структурно-тектоническом плане строения Ленской провинции выделены типовые структурно-формационные комплексы [2]: сочетание цокольных комплексов архея – раннего протерозоя и обрамляющих их выходы рудовмещающих формаций, а также их остаточных покровов на цоколе и в провесах кровли в условиях интенсивного проявления гранитоидного магматизма; преобладание рифейских углеродсодержащих флишоидных туфогенно-карбонатно-сланцевых, углеродсодержащих карбонатно-песчано-сланцевых и вулканогенно-карбонатно-сланцевых формаций с отдельными выступами метаморфического цоколя, сопровождаемых широким проявлением гранитоидного магматизма; существенное преобладание терригенных углеродсодержащих формаций при редуцированном проявлении гранитоидного магматизма.

При совмещении выделенных ареальных областей выявляются их типовые сочетания (рис. 1\*): 1) архей-раннепротерозойское основание; 2) нижнепротерозойские стратифицированные и вулканогенные формации; 3) гранитоидные комплексы; на архей-раннепротерозойском основании — 4) редуцированные комплексы рудовмещающих формаций, 5) совмещенные гранитоидные комплексы и редуцированные стратифицированные формации, 6) совмещенные стратифицированные формации и отдельные интрузивные ареалы, 7) гранитоидные комплексы. При этом учитываются степень развития и направления складчато-разрывных нарушений, а также строение гравитационного и магнитного полей. Методом последовательной генерализации структурно-формационных сочетаний выделяются площади, отвечающие рангу структурно-формационных подзон, а при дальнейшем обобщении подзоны с преобладанием комплекса того или иного типа объединяются в крупные области, отвечающих рангу структурно-формационных зон.

В соответствии с особенностями геологического строения и размещения геологических формаций выделены структурно-формационные зоны (подзоны): Прибайкало-Патомская (Западно-Прибайкальская, Патомская); Аkitканская; Чуйско-Тонодско-Нечерская (Абчада-Даванская, или Кутимская, Чуйская, Тонодская, Бугарихтинская, Малопатомская, Жуинская, Нечерская); Мамско-Бодайбинская (Неручандинская, Олокито-Мамская, Большечуйская, Мариинская, Хайвергинская, Бодайбинская, Анангская, Маракано-Тунгусская, Хомолхинская, Витимская).

Пространственное совмещение структурно-формационной основы и ареалов проявлений золоторудной минерализации позволяет установить общую металлогеническую специализацию формационных таксонов и выделить среди них собственно золотоносные (рис. 2), что составляет основу металлогенического районирования. В пределах последних определяются пространственные закономерности размещения месторождений и рудопроявлений золота и их приуроченность к тем или иным структурно-формационным элементам с учетом минералого-геохимических типов руд и преобладающей морфологии рудных тел. В итоге структурно-формационные таксоны получают комплексную характеристику наблюдаемого рудоносного признакового пространства, те или иные элементы которого должны выделяться на новых (оцениваемых) площадях.

В качестве эталонов для определения продуктивности металлогенических подзон рассматриваются таксоны с выявленными месторождениями. Продуктивность эталонных таксонов рассчитывалась на площадь распространения рудовмещающих и потенциально перспективных формаций, на которых проведены детальные поисковые работы и выявлены прямые признаки золотого оруденения. Оценка в пределах остальных подзон проводилась с учетом сходства с эталоном по площадям продуктивных формаций. Сходство оцениваемых металлогенических подзон и районов с эталонным таксоном, выраженное в величине понижающих коэффициентов, определялось в сравнении с эталонными признаками.

Золотоносный потенциал металлогенических таксонов Ленской провинции в значительной мере определяется их формационным сходством с толщами, вмещающими крупные золоторудные месторождения — Сухой Лог, Вернинское, Чертово Корыто (рис. 3, а). Большое значение имеют признаки, широко распространенные на площади, — флишоидность, углеродистость, чередование карбонатно-глинистых слоев и песчаных разностей, а также наличие органических остатков. Немаловажным признаком служит и морфологическое сходство с рудовмещающими складчатными и разрывными формами.

Для оценки перспектив золотоносности важна полнота комплекса признаков коренной и экзогенной золотоносности терригенных комплексов. Золоторудная минерализация в Ленской провинции, вскрытая на эрозионной поверхности, посто-

\* Рис. 1–4 см. цветную вкладку.

янно сопровождается шлиховыми и вторичными геохимическими ореолами, а при относительно пологом рельефе и наличии кор выветривания — богатыми золотоносными россыпями. Наиболее насыщены аномалиями Прибайкало-Патомская и Мамско-Бодайбинская зоны. В Прибайкало-Патомской зоне сосредоточены преимущественно аномалии золота, которые к флангам зоны приобретают золото-полиметаллический (золото-серебро-полиметаллический) состав. Мамско-Бодайбинская зона включает золото-мышьяковые аномалии, которые с севера окаймляются преимущественно золотыми. На юго-западе зоны развиты медно-никелевые, никель-кобальтовые и медно-молибденовые аномалии.

По степени полноты комплекса выявленных признаков коренной и экзогенной золотоносности ареалы черносланцевых комплексов можно объединить в четыре группы (см. рис. 3, б):

- с промышленными объектами, рудопроявлениями, точками минерализации и проявлениями экзогенной золотоносности (наиболее полный комплекс);

- с рудопроявлениями, точками минерализации и проявлениями экзогенной золотоносности;

- потенциально перспективные с точками минерализации и проявлениями экзогенной золотоносности;

- потенциально перспективные с проявлениями экзогенной золотоносности.

При изучении региональной золотоносности и оценке ее потенциала важно на основе составления общей прогнозной модели учитывать роль совокупности рудоконтролирующих факторов, обусловивших длительность и стабильность накопления рудного вещества в терригенных толщах. К числу важных элементов-признаков прогнозно-поисковых моделей относятся те, которые вытекают из анализа условий формирования рудовмещающих терригенных и черносланцевых формаций, длительности их накопления и преобразования на стадиях диагенеза и катагенеза, а также наложенных процессов. К числу элементов-признаков также относятся геофизические поля, парагенные ассоциации складчато-разрывных структур, геохимические аномалии, геохимические свойства пород, продуктивные минеральные ассоциации, россыпная золотоносность.

Рудовмещающие терригенные черносланцевые толщи относятся к двум группам геологических формаций — терригенным и карбонатно-терригенным углеродсодержащим флишоидным (черносланцевым), вулканогенно(туфогенно)-карбонатно-терригенным углеродсодержащим. В региональном плане литологический контроль проявлен в локали-

зации золоторудной минерализации преимущественно в карбонатно-терригенных и терригенных формациях с неоднородным строением разреза и широким развитием бурошпатовой минерализации. Определены основные стратиграфические уровни развития геологических формаций, в которых локализована большая часть обнаруженных в провинции месторождений и проявлений коренного золота:

- терригенная сланцево-алевролитопесчаниковая догалдынской свиты венда, вмещающая месторождения Догалдынская жила, Ожерелье, Копыловское золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой жильно-прожилковой рудных формаций;
- аунакитская свита верхнего рифея с Ыканским месторождением золото-сульфидно-кварцевой жильно-прожилковой рудной формации, Вернинским и Невским месторождениями золото-сульфидной мышьяковистой рудной формации;

- терригенно-известняковая алевролитосланцевая имнянской свиты верхнего рифея с Мараканским золото-кварцевым месторождением, Светловским золото-сульфидным мышьяковистым рудопроявлением в угаханской свите и Петровским золото-сульфидно-кварцевым рудопроявлением в баракунской свите среднего рифея в Патомской структурно-формационной зоне;

- флишоидная терригенная песчано-алевролитосланцевая хомолхинской и перекрывающей ее имнянской свит среднего-верхнего рифея, вмещающая месторождения Сухой Лог и Голец Высочайший золото-сульфидной мышьяковистой рудной формации;

- флишоидная терригенная сланцево-песчаниковая бугарихтинской и хайвергинской свит среднего рифея с Хорлухтаским и Петровским золото-кварцевыми рудопроявлениями;

- флишоидная терригенная песчано-алевролитосланцевая, вмещающая золото-сульфидно-кварцевое месторождение Чертово Корыто, выделяется также на нижнепротерозойском уровне в Чуйско-Нечерской структурно-формационной зоне.

Золоторудная минерализация контролируется зонами повышенного рассланцевания и напряженной складчатости сжатия. Наиболее благоприятны те узлы напряженной складчатости, нагнетания и флексуобразных изгибов, которые находятся в местах пересечений и сопряжений глубинных зон повышенной проницаемости. Эти зоны не всегда четко фиксируются, тем не менее при детальном наблюдении их можно установить. Весьма благоприятны места изгибов и кручений осевых поверхностей складок.

Связь размещения золоторудной минерализации и проявлений гранитоидного магматизма

неотчетлива. На площади золоторудных проявлений Мамско-Бодайбинской структурно-формационной зоны известны отдельные выходы гранитоидов (Константиновский шток, Джегдокарский массив), а также предполагаются скрытые на глубине интрузивные тела [9].

Золотая минерализация по-разному проявлена в породах, метаморфизованных в различной степени. В зонах зеленосланцевого метаморфизма золото присутствует в виде тонкорассеянных пленочных и древовидных выделений в породах, первичная структура которых большей частью сохранена (Сухой Лог). В зонах амфиболитовой фации, где в породах первичная структура практически не сохранилась, наряду с тонкорассеянным золотом чаще встречаются крупные включения золота в жильном кварце (Ожерелье, Ыканское). Близость к кровле метаморфизованных и гранитизированных комплексов архей-раннепротерозойского фундамента также влияет на локализацию золоторудных объектов.

Важное значение имеет анализ геохимической специализации породных комплексов [1] в различных структурно-формационных зонах. Для провинции отмечается смена с севера на юг геохимического облика формаций от лито-сидеро-халькофильного через лито-халькофильный к преимущественно литофильному (С.Д.Шер, Е.А.Зверева и др., 1984). Породные комплексы Прибайкало-Патомской зоны характеризуются повышенными кларками Ti, Fe, Mn, Cr, а также Pb, Zn, Cu. Мамско-Бодайбинская зона характеризуется редкометалльно-полиметаллической специализацией (Sn, W, Pb, Zn, Cu, Mo). При этом золоторудные проявления преобладают в породах с повышенным фоном сидерофильных элементов.

Территория Ленской провинции в региональном плане характеризуется гетерогенным гравитационным и магнитным полями. Пространственная зависимость распространения золоторудной минерализации от геофизических аномалий не выявлена. При этом в структуре полей отчетливо отражается общее блоковое строение провинции. Глубинное строение Мамско-Бодайбинской зоны по геофизическим свойствам характеризуется преимущественно умеренной ролью гранитоидов в строении земной коры. Выделяются крупные неоднородности в земной коре — глубинные магматические породы (габброидов и гипербазитов), сгруппированные в зоне северо-восточного простирания, прослеживающейся до долины р. Лена [10].

Линеаментные признаки на территории Ленской провинции, проявленные на космоснимках, в основном повторяют направления тектониче-

ских швов, отделяющих области архей-раннепротерозойского основания от перекрывающего рифей-вендского складчатого чехла. Фиксируются также поперечные линеаменты. Большинство линеаментов, выделенных на дистанционной основе, отражены на геологической карте.

Для выявления перспективных на золото площадей, наиболее сходных с эталонными по совокупности геологических, геохимических и геофизических признаков, кроме общепринятых, использовался логико-статистический метод определения сходства с эталонной площадью [15]. В качестве признаков рассматривается совокупность геологических данных, а основная гипотеза содержит предположение, что участок с обнаруженным рудным объектом благоприятен для формирования объектов этого типа. Признаки оцениваются исходя из ассоциативной пространственной связи известных рудопроявлений и конкретных характеристик вмещающей среды. Будучи сходным с методом множественной регрессии в статистике, метод включает оценку соответствия потенциальной рудоносности и набор поисковых данных.

Из всего комплекса геологических, геохимических и геофизических признаков выделены три группы, с которыми пространственно связаны золоторудные проявления (рис. 4, а): формационные, геохимические, метаморфические; структурные; магматические. В первую группу входят ареалы рудовмещающих формаций и основания, их состав, углеродистость, геохимические ореолы, сидерофильность, халькофильность, ареалы фаций регионального метаморфизма. Во вторую — расстояние от зон главных разрывов, осей основных антиклиналей и синклиналей, в третью — ареалы распространения интрузивных тел, расстояние от выходов гранитоидных тел и областей скрытых массивов. При этом признаки коренной и экзогенной золотоносности играют важную роль при выделении новых и уточнении имеющихся потенциально перспективных площадей.

При совмещении групп признаков выделяются площади, ранжированные по значимости пространственной связи признаков с золоторудной минерализацией (см. рис. 4, б). В Мамско-Бодайбинской зоне располагаются наиболее перспективные Маракано-Тунгусская, Бодайбинская и Хомолхино-Патомская подзоны, в которых сосредоточены крупные золоторудные месторождения Сухой Лог, Вернинское и Голец Высочайший, сопровождающиеся мелкими месторождениями, множеством рудопроявлений и точек минерализации. Значительными перспективами по выявлению месторождений золота по формационному подобию и комп-

лексу признаков коренной и россыпной золотоносности с эталонной площадью месторождения Сухой Лог обладают фланги Маракано-Тунгусской, Бодайбинской подзон. В Тонодской подзоне Чуйско-Тонодско-Нечерской зоны в ареале рудопроявлений и точек минерализации залегает крупное золоторудное месторождение Чертово Кoryто. Металлогенические подзоны Бодайбинская, Маракано-Тунгусская, Хомолхино-Патомская и Малопатомская рассматриваются в качестве рудных районов.

На остальных площадях в настоящее время вскрыты мелкие месторождения, рудопроявления, россыпи и другие признаки золотоносности, что позволило выделить около десятка перспективных площадей в ранге рудного узла. Общим для них является формационный состав — флишеидные углеродсодержащие карбонатно-сланцевые и песчано-карбонатно-сланцевые формации, а также полный комплекс установленных признаков коренной и экзогенной золотоносности. Ведущим прогнозируемым геолого-промышленным типом месторождений золота служит золото-сульфидный в черносланцевых толщах (эталон — рудные залежи месторождений Сухой Лог, Вернинско-Невского рудного поля и Чертово Кoryто). Наиболее перспективными из них по формационному подобию и комплексу признаков коренной и россыпной золотоносности являются фланги Маракано-Тунгусской, Бодайбинской и Тонодской подзон, а также отдельные площади в Малопатомской, Жуинской, Олокиито-Мамской и восточной части Патомской подзон.

Для оценки потенциальной золотоносности целесообразно осуществить анализ сопредельных с провинцией территорий Байкало-Муйской провинции, в частности для «переходной зоны» от бассейнов с преимущественно терригенным осадконакоплением к терригенно-вулканогенным. В пределах этого региона вместе с потенциально рудовмещающими черносланцевыми комплексами, в которых залегают проявления золото-сульфидного и золото-кварцевого типа, широко развиты карбонатные и вулканогенные формации, вулканоплутонические ассоциации. Помимо известных жильных золото-кварцевых месторождений (эталон — месторождения Ирокиндо-Кедровского рудного узла) здесь могут быть выявлены золоторудные месторождения других рудно-формационных и геолого-промышленных типов, в том числе золото-(сульфидно)-кварцевого и золото-ртутного в карбонатных толщах (карлинский тип), золото-скарнового, золото-сульфидно-кварцевого и золото-кварцевого в породах вулканоплутонических ассоциаций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Варгунина Н.П.* Региональные геохимические факторы золотоносности Енисейского кряжа // Руды и металлы. 2008. № 1. С. 51–66.
2. *Галямов А.Л.* Золотоносные осадочные комплексы складчатого обрамления Сибирской платформы // Руды и металлы. 2010. № 1. С. 28–37.
3. *Геодинамические условия формирования золоторудных месторождений Бодайбинского неопротерозойского прогиба / М.И.Кузьмин, В.В.Ярмолук, А.И.Спиридонов и др. // ДАН. 2006. Т. 407. № 6. С. 793–797.*
4. *Докембрий Патомского нагорья / А.И.Иванов, В.И.Лившиц, О.В.Перевалов и др. — М.: Недра, 1995.*
5. *Иванов А.И.* Золотоносность Байкало-Патомской металлогенической провинции: Автореф. дис... д-ра геол.-минер.наук. — М., 2010.
6. *Изотопный состав свинца и генезис Pb-Zn оруденения Олокиитской зоны Северного Прибайкалья / Л.А.Неймарк, Е.Ю.Рышк, Б.М.Гороховский и др. // Геология рудных месторождений. 1991. № 6. С. 34–49.*
7. *Кривцов А.И.* Методические основы прогнозно-металлогенических построений // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 1. С. 45–48.
8. *Кулиш Е.А., Парада С.Г.* Гидротермально-осадочные образования в золотоносных черносланцевых комплексах // Доповіді Національної академії наук України. 2007. № 11. С. 112–118.
9. *Линшевский Э.Н., Дистлер В.В.* Глубинное строение земной коры района золото-платинового месторождения Сухой Лог по геолого-геофизическим данным (Восточная Сибирь, Россия) // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 1. С. 88–104.
10. *Митрофанов Г.Л.* Тектонические закономерности размещения и формирования месторождений благородных металлов южного обрамления Сибирской платформы: Автореф. дис... д-ра геол.-минер.наук. — Новосибирск, 2006.
11. *Ручкин Г.В., Конкин В.Д.* Ряды рудных формаций терригенно-сланцевых складчатых поясов // Руды и металлы. 2002. № 1. С. 15–19.
12. *Северный сегмент палеоазиатского океана в неопротерозое: история седиментогенеза и геодинамическая интерпретация / А.М.Станевич, А.М.Мазукабзов, А.А.Постников и др. // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 1. С. 60–79.*
13. *Станевич А.М., Немеров В.К.* Условия накопления и корреляция толщ позднего рифея Байкальской горной области // Мат-лы 4-го регионального Уральского литологического совещания «Осадочные бассейны: закономерности строения и эволюции, минерагения». Екатеринбург, 2000.
14. *Agterberg F.P.* Systematic approach to dealing with uncertainty of geoscience information in mineral exploration // Proc. 21st APCOM Symposium (Application of Computers in the Mineral Industry) held in Las Vegas, March 1989. Soc. Mining Engineers, New York.

15. *Bonham-Carter G.F., Agterberg F.P., Wright D.F.* Weights of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential; in *Statistical Applications in the Earth Sciences* / Ed. F.P. Agterberg, G.F. Bonham-Carter // Geological Survey of Canada. 1989. Paper 89-9. P. 171-183.
16. *Hammerbeck Erik, Veselinovic-Williams Milica.* Status of metallogenic mapping in the world today — With special reference to the Digital Metallogenic Map of Africa // *Proceedings for a workshop on deposit modeling, mineral resource assessment, and their role in sustainable development.* U.S. Geological Survey Circular 1294. 2007.
17. *Singer D.A., Koda R.* Integrating spatial and frequency information in the search for Kuroko deposits of the Hokuroku District, Japan // *Econ. Geol.* 1988. Vol. 83. № 1. P. 18-29.
18. *Spiegelhalter D.J., Knill-Jones R.P.* Statistical and knowledge-based approaches to clinical decision-support systems, with an application in gastroenterology // *Jour. Royal Statist. Soc.* 1984. Vol. 147. Part. 1. P. 35-77.

УДК 553.04

© Я.В.Алексеев, 2012

## ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Я.В.Алексеев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

*Рассмотрены вопросы выборки статистической информации при мониторинге состояния минерально-сырьевого комплекса. На примере группы БРИКС показана важность выделения стран, оказывающих значительное влияние на мировое минерально-сырьевое обеспечение.*

*Ключевые слова: мониторинг, полезные ископаемые, запасы, добыча.*

*Алексеев Ярослав Владимирович, [ikksu@mail.ru](mailto:ikksu@mail.ru)*

## THE SPATIAL BALANCE ASSESSMENT OF USAGE AND REPRODUCTION OF THE MINERAL RESOURCE BASE

Ya.V.Alekseev

*Questions of sample of the statistical information in monitoring of mineral complex are considered. On an example of BRICS group considerably influencing on the world mineral supply is shown importance of a choice of such countries.*

*Key words: monitoring, mineral resources, proved (demonstrated) reserves, mining.*

Публикуемые в периодических и монографических российских и зарубежных изданиях статистические материалы о состоянии отечественного и мирового минерально-сырьевого комплекса по сути представляют массивы данных. Как правило, приведенная в них информация структурирована по определенным показателям, таким как запасы, добыча, производство первых переделов, и традиционно привязана к странам, а не реальным собственникам месторождений. Также имеется предварительная классификация стран — пространственное деление (континенты, макрорегионы), по уровням экономического, социально-демографического развития и иным критериям. При последующих обработке и анализе исходных данных можно руководствоваться предлагаемым распределением стран и (или) проводить новую выборку по заданным параметрам.

Приняв за основу региональную группировку государств, используемую USGS в оценке мирового минерально-сырьевого обеспечения [6], автор проанализировал базовые и приведенные показатели добычи девяти твердых полезных ископаемых и производства пяти металлов для пяти регионов — Азиатско-Тихоокеанского, Европы и Центральной Евразии, Латинской Америки, Ближнего Востока, Африки [1]. В каждом из них определены страны-лидеры по соответствующим показателям в сравнении с Канадой и США, не включенными в региональное деление.

Однако для более детальной оценки применение подобных группировок явно недостаточно, поскольку в стороне остается тот факт, что одновременно с процессами глобализации, затрагивающими в том числе минерально-сырьевые базы, в противовес им формируются новые цент-

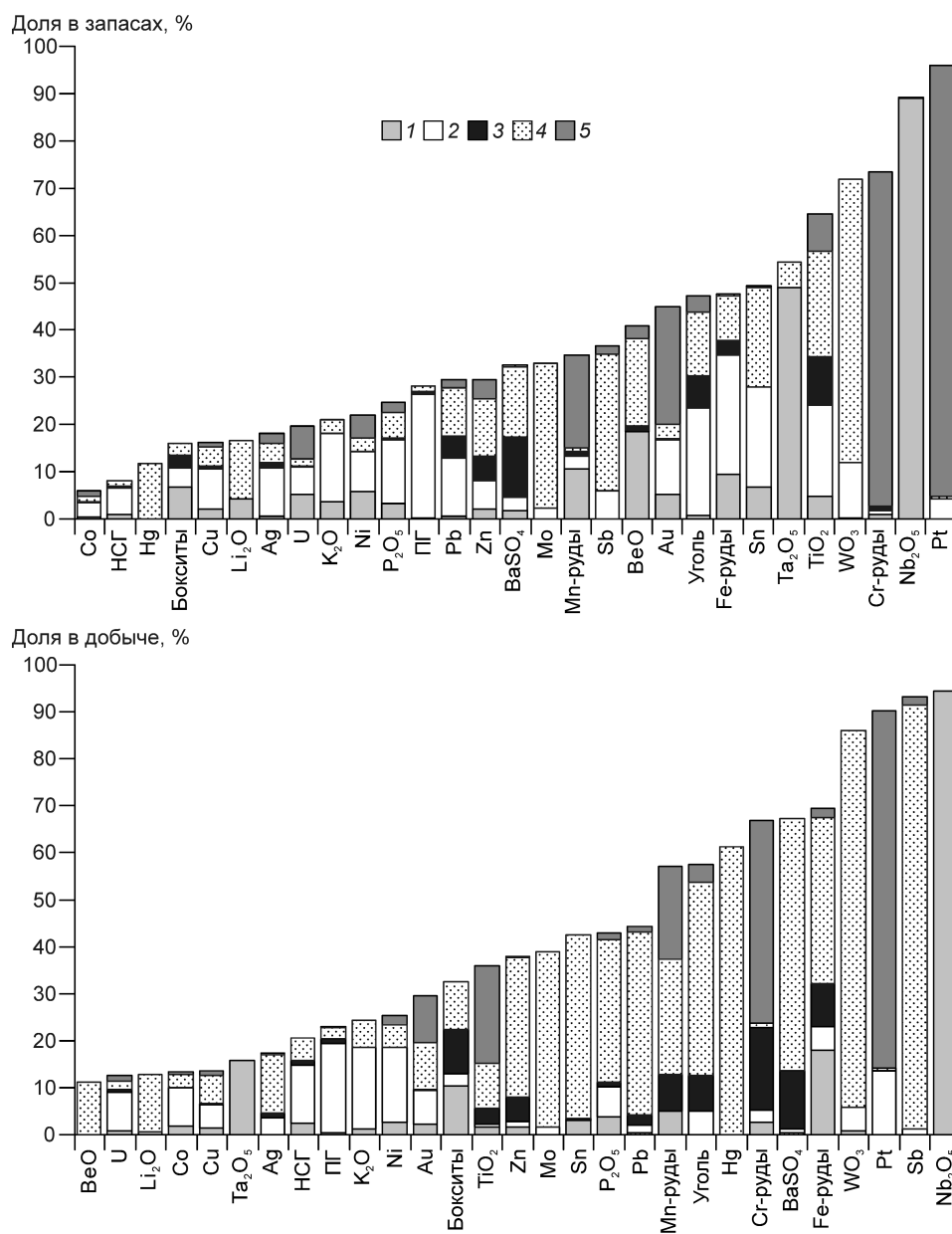


Рис. 1. Вклад БРИКС в мировые запасы, добычу и доли стран в группе в 2008 г.:

1 — Бразилия, 2 — Россия, 3 — Индия, 4 — Китай, 5 — ЮАР

ры в виде отдельных стран, их блоков. При этом такие государства, несмотря на тесные взаимосвязи с остальным миром, в принятии решений исходят из своих политических и экономических интересов. Поэтому в проведенном анализе дополнительно к региональной структуре мирового минерально-сырьевого обеспечения рассмотрена группа БРИК (Бразилия, Россия, Индия, Китай) как пример подобного центра.

В результате установлено, что в 2005 г. добыча угля, Fe-руд, фосфатов (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в группе БРИК превысила таковую в пяти регионах. По Ni, Pb, Zn, бокситам ее опередил лишь Азиатско-Тихоокеанский регион, а по Cu и Au она уступила трем регионам. Среди стран группы выявлено превышение темпов производства металлов при сокращающихся или увеличивающихся менее интенсивно темпах добычи сырья за 1990–2005 гг. (наиболее проявлено в



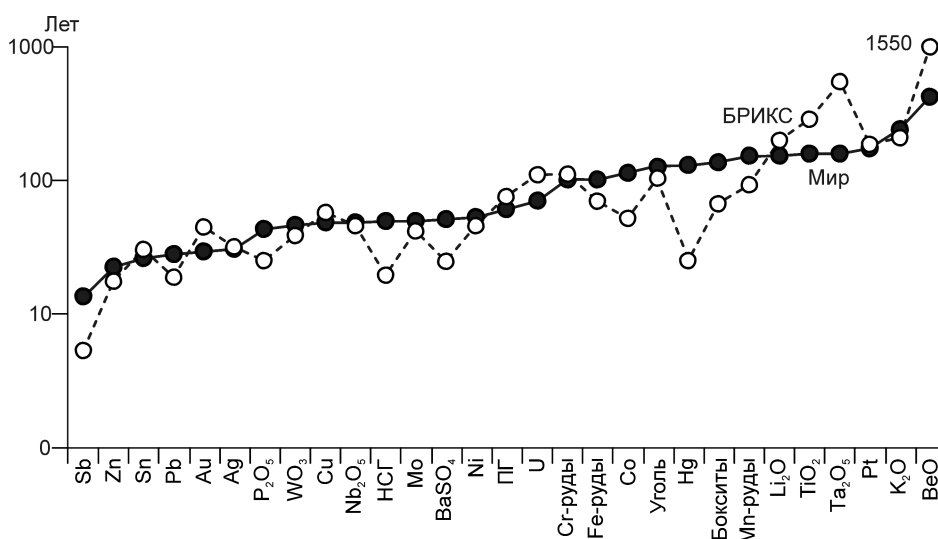


Рис. 2. Обеспеченность добычи запасами в БРИКС и мире в 2008 г.

Китае), что указывает на рост импорта концентратов и использование вторсырья для удовлетворения потребности металлургической промышленности.

В 2011 г. после вхождения в состав БРИК ЮАР произошло ее расширение до пяти стран (БРИКС). При анализе положения БРИКС в мировом минерально-сырьевом обеспечении [2] к показателю добычи добавлены доказанные (подтвержденные) запасы, а количество полезных ископаемых (ПИ) увеличено до 29 [3]. В их число вошли: нефть с газоконденсатом (исходные данные по запасам в РФ – ВР [4]), природный горючий газ (ПГ), уголь, U, руды Fe, Mn, Cr, бокситы, Cu, Ni и Co (исходные данные по запасам Ni и Co в РФ – USGS [5, 6]), Pb, Zn, Sn, WO<sub>3</sub>, Mo, Sb, Hg, TiO<sub>2</sub>, Ag, Au, Pt, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, калийная соль (K<sub>2</sub>O), барит (BaSO<sub>4</sub>), а также Li<sub>2</sub>O, BeO, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (без РФ).

Ранжирование полезных ископаемых по росту значений запасов и добычи показало, что вклад БРИКС в мировые показатели неоднороден. Согласно рис. 1, на начало 2008 г. доля группы варьировала от 6 (Co) до 96% (Pt). Россия и Китай — страны-держатели основных запасов (12 и 9 ПИ). В мировой добыче 2008 г. минимальные значения доли БРИКС отмечены по BeO, U, Li<sub>2</sub>O, Co, Cu (11–14%), максимальные — по Pt, Sb, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (>90%). Ведущей добывающей страной был Китай (17 ПИ), второе место занимала РФ (6 ПИ), третье — разделили Бразилия и ЮАР (3 ПИ).

Стоит отметить, что последовательность рангов минерального сырья БРИКС для указанных величин не совпадает. В результате полезные ископаемые, у которых присутствует значительное рас-

хождение в рангах, отличались по показателю обеспеченности добычи запасами от мировых (рис. 2). Так, для TiO<sub>2</sub>, бокситов, Co, BaSO<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> отклонение величины обеспеченности двукратное, по TiO<sub>2</sub> оно превзошло мировой показатель, по нефти с газоконденсатом (HCl), Sb и Hg в 2,5 и 5 раз меньше, по BeO, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 3,5 раза больше.

Таким образом, БРИКС является глобальным игроком и оказывает существенное влияние на мировое минерально-сырьевое обеспечение. В то же время, использование валовых величин не позволяет оценить сбалансированность значений запасов, добычи, обеспеченности между полезными ископаемыми. Данные характеристики можно получить через нормирование на единицу выбранного полезного ископаемого остального минерального сырья. При этом среди расчетных соотношений определяющими для остальных являются те, что связаны с топливно-энергетическими полезными ископаемыми, поскольку энергия — неотъемлемая и необходимая часть процессов добычи, транспортировки, переработки и потребления минерального сырья. Это позволило установить степень сбалансированности значений через массы для запасов и добычи и время для обеспеченности в странах БРИКС и мире.

В целом приведенный метод выборки и анализа можно охарактеризовать как систему, состоящую из совокупности уровней страна – группа стран – мир. На каждом из них проводятся оценка заданных показателей и сравнение их друг с другом (для стран) и показателями следующего уровня. В выбранных величинах сопоставляются норми-

рованные значения полезных ископаемых. Полученные результаты служат пространственно-территориальной характеристикой сбалансированности воспроизводства минерально-сырьевой базы для каждого уровня данной системы.

Соответственно, обработка и дальнейший анализ статистических материалов, характеризующих состояние мирового минерального комплекса, требуют всестороннего подхода, в котором учитываются базовые и приведенные показатели. Предложенный метод оценки с выделением стран, их групп, существенно влияющих на мировое сырьевое обеспечение, может применяться как при текущем мониторинге, так и составлении соответствующих прогнозов и программ долгосрочного развития.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев Я.В.* Основные показатели региональной структуры мирового минерально-сырьевого обеспечения // Руды и металлы. 2009. № 6. С. 75–83.
2. *Алексеев Я.В.* Оценка сбалансированности основных показателей минерально-сырьевого обеспечения для обоснования воспроизводства сырьевой базы полезных ископаемых // Руды и металлы. 2011. № 5. С. 52–57.
3. *Бежанова М.П., Кызина Л.В.* Запасы и добыча важнейших видов полезных ископаемых мира. – М.: ОАО «ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ», 2009.
4. *British Petroleum Statistical Review of World Energy, 2006–2010.*
5. *Mineral Commodity Summaries.* – USGS, 1996–2010.
6. *Mineral Yearbook.* – USGS, 1997–2008

# ПРОГНОЗ И ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



УДК [528.85:004.9]:553.411 (571.51) © В.С.Антипов, Е.А.Журавлев, К.А.Волин, С.А.Абушкевич, 2012

## ВЫЯВЛЕНИЕ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РУДОПЕРСПЕКТИВНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРАКТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СРЕДЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ЭТАЛОННЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА)

**В.С.Антипов, Е.А.Журавлев, К.А.Волин, С.А.Абушкевич (ГУП «НИИКАМ»)**

*Рассмотрено применение современных компьютерных технологий в целях выявления космогеологических (структурных и спектральных) признаков рудоперспективности по данным анализа многоспектральных космических съемок центральной части Енисейского кряжа. Обоснованы космоструктурные и спектральные признаки перспективности для прогноза золоторудных узлов и полей, с их использованием выявлены три новых золотоперспективных участка.*

*Ключевые слова: информационные технологии, дистанционное зондирование, признаки золотоперспективности.*

*Антипов Вадим Сергеевич, [vniiikam@mail.ru](mailto:vniiikam@mail.ru), Журавлев Евгений Александрович, [zhev@bk.ru](mailto:zhev@bk.ru), Волин Кирилл Артемович, [sv-volin@yandex.ru](mailto:sv-volin@yandex.ru), Абушкевич Сергей Антонович, [niicosm\\_as@mail.ru](mailto:niicosm_as@mail.ru)*

## SPACE GEOLOGICAL IDENTIFICATION OF ORE PROSPECTIVE BY USING INTERACTIVE COMPUTER TECHNOLOGIES IN GIS (ON THE EXAMPLE OF THE STUDY OF YENISEI RIDGE GOLD-STANDARD OBJECTS)

**V.S.Antipov, E.A.Zhuravlev, K.A.Volin, S.A.Abushkevich**

*The application of modern computer technologies to identify space geological (structural and spectral) characteristics of gold mining prospects according to the analysis of multispectral space images of the Yenisei Ridge central part. Substantiated space geological and spectral characteristics to predict the prospects of gold mining sites and fields, and using these features identified three new gold mining prospective sites.*

*Key words: information technology, remote sensing, gold mining prospect characters.*

В настоящее время благодаря применению современных компьютерных информационных технологий удается в реальные сроки выявить и проанализировать информативные компоненты, содержащиеся в массиве большого количества многоспектральных космических снимков (КС), ранее же приходилось довольствоваться одним, иногда несколькими. Сейчас имеется возможность и осознана необходимость анализа многих многоспектральных КС. Анализ большого количества космических снимков обусловлен не только (и не столько) поиском снимков, свободных от облаков и снежного покрова, а также других мешающих факторов, сколько выявлением снимков того сезона, при котором результаты съемки наиболее благоприятны для решения поставленной задачи. Такими могут быть снимки любого сезона. Использование разновременных (полихронных) КС может быть также связано с высокой степенью нарушенности площади работ разного возраста. В таких случаях приходится вести поиск космических снимков, полученных до

появления антропогенного воздействия, до возникновения ландшафтных пожаров или искать информативные компоненты, для которых эти воздействия не критичны при прогнозных построениях.

При анализе материалов космических съемок (МКС) в зависимости от характера решаемых геологических задач выбираются наиболее подходящие программные продукты, составляющие основу компьютерной технологии. Так, при структурном дешифрировании удобнее работать в программе ArcMap, являющейся компонентом программного продукта ArcGis, а при анализе спектральных особенностей — в среде ER Mapper. На базе этих программных продуктов формируется и применяется в интерактивном режиме комплекс операционно-аналитический ГИС (КОАГИС), использующий специальным образом подготовленные МКС, картографические материалы геологического содержания, топографические карты. Эти материалы должны подготавливаться в соответствующих форматах, топографо-геодезической системе координат.

Использование КОАГИС при выявлении космогеологических признаков рудоперспективности по данным анализа материалов космических съемок проиллюстрировано на примере работ в центральной части Енисейского кряжа. В качестве эталонов исследованы рудные узлы и поля, содержащие крупные и средние месторождения золота центральной части Енисейского кряжа. Это Верхне-Енашиминский, Перевальнинский и Ведугинский рудные узлы, в пределах которых находятся золоторудные месторождения Благодатное, Титимухта, Олимпиада, Эльдорадо, Ведугинское и вмещающие их рудные поля. Анализировались МКС Landsat MSS, TM, Landsat ETM+ за период 1972–2009 гг.

Космоструктурные особенности, характерные для золоторудных узлов, выявлены при дешифрировании МКС в м-бе 1:200 000. В результате составлены космоструктурные прогнозные модели золоторудных узлов и сформированы среднемасштабные космоструктурные признаки золотоперспективности. Структурные особенности рудного узла, в пределах которого расположено Олимпиадинское месторождение золота, представлены в альбоме [3]. Согласно указанной публикации для рудного узла характерны разломы северо-западного простирания, субширотные разломы, купольные (кольцевые) структуры, выявленные по данным дешифрирования космических снимков. Космоструктурное дешифрирование м-ба 1:200 000 подтвердило и уточнило эти сведения. По данным дешифрирования субширотные и северо-западные разломы, кольцевые и дуговые структуры (с радиусом кривизны 1,5–6 км) характерны для Перевальнинского, Ведугинского, северной (месторождения золота Титимухта, Благодатное) и южной (месторождение Олимпиада) частей Верхне-Енашиминского рудных узлов. В качестве примера приведены результаты дешифрирования и космоструктурная прогнозная модель Перевальнинского рудного узла (рис. 1, Б\*). На основании выполненных работ установлено, что типовыми элементами космоструктурных прогнозных моделей золоторудных узлов рассматриваемой территории являются разломы северо-западного и субширотного простираний, кольцевые и дуговые структуры с радиусом кривизны 1,5–6 км. Они могут служить комплексным среднемасштабным признаком золотоперспективности для выявления перспективных участков в ранге потенциальных рудных узлов.

Дешифрирование МКС в м-бе 1:50 000 в пределах рудных полей, содержащих вышеуказанные

месторождения, выявило большое количество субширотных и северо-западных разломов и наличие дуговых и кольцевых структур с радиусом кривизны 0,2–1,5 км (рис. 2, Б, 3, Б, 4, Б; см. рис. 1, В). Поэтому в качестве комплексного космоструктурного крупномасштабного признака золотоперспективности принято сочетание большого количества разломов северо-западного и субширотного простираний, кольцевых и дуговых структур с радиусом кривизны 0,2–1,5 км.

В результате обработок МКС разных лет и сезонов съемки, выполненных в КОАГИС, рассчитаны соотношения интенсивностей сигналов, регистрируемых различными каналами, в том числе RGB-композициями, и стандартные индексы. При сопоставлении металлогенической информации с результатами этих обработок установлены аномалии спектральной яркости. «Аномалии спектральной яркости» — это понятие, охватывающее класс аномалий, получаемых при обработке яркостной характеристики изображения материалов дистанционного зондирования (как отдельных каналов съемки, их соотношений, так и при расчете RGB-композиций, индексов и при других межканальных преобразованиях). Такие аномалии свойственны изучаемым золоторудным узлам и полям, они выявлены (см. рис. 1–4) при расчете нормализованного относительного (разностного) вегетационного индекса (NDVI — показателя количества фитомассы (растительности). NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — один из самых используемых индексов при решении задач, связанных с использованием количественной оценки растительного покрова. Он вычисляется по формуле:

$$NDVI = \frac{B_{ИК} - B_{К}}{B_{ИК} + B_{К}}$$

где  $B_{ИК}$  — яркость в ближней инфракрасной зоне (фиксируется в четвертом канале КС Landsat TM, ETM+ в интервале 0,76–0,90 мкм);  $B_{К}$  — яркость в красной зоне (фиксируется в третьем канале КС Landsat TM, ETM+ в интервале 0,63–0,69 мкм).

Происхождение аномалий спектральной яркости этого типа (вегетационные аномалии спектральной яркости) объясняется следующим образом. Месторождения располагаются в пределах многократно активизировавшихся зон, участков повышенной трещиноватости, что фиксируется большим количеством разломов, в том числе неотектонических и постнеотектонических. Зоны, участки повышенной трещиноватости использует

\* Рис. 1–4 см. цветную вкладку.

(и использовал в геологическом прошлом) восходящий тепломассоперенос, который сопровождается перемещением вверх глубинных вод, газов, тепла. В их пределах формируется особый микроклимат, в связи с чем растительность приобретает специфические черты, что фиксируется NDVI. Ранее наличие повышенного современного восходящего тепломассопереноса на площади рудных узлов, зон, полей, содержащих месторождения твердых полезных ископаемых, в том числе золоторудные, было установлено по данным специализированных геофизических, геохимических работ и тепловой космической съемки [1]. Использование NDVI позволяет обнаруживать участки возможного проявления на земной поверхности повышенного современного восходящего тепломассопереноса с высокой детальностью без проведения полевых работ.

Космоспектральные признаки перспективности, свойственные золоторудным узлам и полям Енисейского кряжа, выявлены при анализе МКС Landsat TM (дата съемки 18.08.1989 г.). Двумя сценами этой космической съемки охвачена территория, включающая площади эталонных золоторудных узлов и полей. Анализ материалов показал, что для территории рудных узлов с крупными и средними (иногда мелкими) по запасам месторождениями золота характерны ареалы аномальных и повышенных значений спектральной яркости (NDVI). При этом аномальные значения спектральной яркости формируют ареалы меньшей площади и контролируют размещение рудных полей. Ареал аномальных и повышенных значений NDVI над Перевальнинским рудным узлом (см. рис. 1, А) занимает центральную с промышленной золотоносностью часть узла, контуры которого показаны по данным ОАО «Красноярскгеолсъемка» (2009 г.). Из двух ареалов, где сосредоточены аномальные значения NDVI, в пределах западного находятся Пролетарское месторождение золота и несколько более мелких золоторудных объектов, а в пределах восточного — месторождение Эльдorado и два участка с космогеологическими признаками золотоперспективности (структурными и спектральным). Один из участков расположен на расстоянии 1–3 км к востоку от южной оконечности четвертой (восточной) жилой зоны месторождения Эльдorado, другой — в 1,5–3,5 км к северо-востоку от северной оконечности зоны. В монографии [4] эти два участка не рассматриваются как золотоперспективные, что, возможно, связано с отсутствием в их пределах детальных поисковых работ.

Аналогично Перевальнинскому в упомянутых ранее и других золоторудных узлах Енисейского кряжа локальные аномалии NDVI выявлены в не-

посредственной близости от рудных зон (см. рис. 1, А) или на расстоянии от них до 0,5 км (см. рис. 2–4). Возможной причиной выявления аномалий спектральной яркости на некотором удалении от рудных зон является изменение движения восходящего тепломассопереноса от субвертикального к наклонному (до латерального) в направлении наименьшего сопротивления с выходом на дневную поверхность в условиях горного рельефа на склонах, близ подножия гор. Примечательна аномалия NDVI, расположенная в 3–3,5 км к юго-востоку от месторождения Титимухта, на участке пересечения многочисленных субширотных и северо-западных разломов в пределах небольшой кольцевой структуры (см. рис. 3). При планировании поисковых работ следует учесть выявленные структурные признаки перспективности участка, по данным работы [4] не относящегося пока к золотоперспективным.

В соответствии с изложенным наличие ареала аномальных и повышенных значений спектральной яркости, аналогичного выявленным над известными рудными узлами, — среднемасштабный космоспектральный признак перспективности, а ареала аномальных значений NDVI — признак перспективности для выделения рудных полей.

Выполненные работы позволили сформулировать космогеологические признаки перспективности для прогноза золоторудных узлов и полей в центральной части Енисейского кряжа.

По данным среднемасштабных работ признаки для выявления перспективных участков на золото в ранге потенциальных рудных узлов — это узлы пересечения разломов и зон разломов северо-западного и субширотного простираний; кольцевые и дуговые структуры с радиусом кривизны 1,5–6 км; ареалы повышенных и аномальных значений NDVI, установленные по данным обработки КС Landsat TM (съемка 18.08.1989 г.).

По данным крупномасштабных работ признаки для выявления перспективных участков на золото в ранге потенциальных рудных полей — это узлы пересечения большого количества субширотных и северо-западных разломов; кольцевые и дуговые структуры с радиусом кривизны 0,2–1,5 км; ареалы аномальных значений NDVI, установленные по данным обработки КС Landsat TM (съемка 18.08.1989 г.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов В.С. Науэнтодинамика и минерация, постспутниковая оценка возможного рудоресурсного потенциала недр // Руды и металлы. 2006. № 6. С. 58–65.
2. Месторождения золота Олимпиада и Благодатное. Северо-Енисейский район. Красноярский край.

- Российская Федерация. Аудит минеральных запасов (подготовлен для ЗАО «Полюс»). Майкон Интернешенел Ко Лимитед, 2006 / [www.polyusgold.com](http://www.polyusgold.com).
3. *Многофакторные* поисковые модели золоторудных месторождений / Отв. ред М.М.Константинов, В.А.Нарсеев. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
4. *Модели* месторождений золота Енисейской Сибири / С.С.Сердюк, Ю.Е.Коморовский, А.И.Зверев и др. – Красноярск: Город, 2010.

УДК 553.078

© Коллектив авторов, 2012

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗААНГАРСКОЙ ЧАСТИ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

**В.А.Макаров (Сибирский федеральный университет), С.М.Макеев, В.В.Межубовский, В.Г.Фисенко, М.А.Самородская (НПП «Прогнозгеофизика»)**

*На базе созданной геоинформационной основы, объединяющей геологическую, геохимическую, геофизическую информацию, выполнен прогноз на рудное золото для заангарской части Енисейского кряжа. Кратко освещены методические особенности сбора, хранения и статистического анализа фактического материала для выполненных и последующих прогнозных решений. Поставлен вопрос о необходимости изучения золотоносности восточного склона Енисейского кряжа.*

*Ключевые слова:* Енисейский кряж, Енисейская золотоносная провинция, прогноз-металлогеническая карта, характеристический признак, пространственная и атрибутивная информация, вес признака, мультипликация.

*Макаров Владимир Александрович, [VMakarov@sfu-kras.ru](mailto:VMakarov@sfu-kras.ru), Макеев Станислав Михайлович, [smmakeev@mail.ru](mailto:smmakeev@mail.ru), Межубовский Владимир Владимирович, [cgi\\_prognoz@list.ru](mailto:cgi_prognoz@list.ru), Фисенко Виталий Геннадьевич, [vitalya\\_fisenko@mail.ru](mailto:vitalya_fisenko@mail.ru), Самородская Мария Александровна, [maria\\_s\\_76@mail.ru](mailto:maria_s_76@mail.ru)*

## THE EXPERIENCE OF USING COMPUTER PREDICTION TECHNOLOGY FOR GOLD MINERALIZATION OF THE YENISEI RIDGE TO THE NORTH OF ANGARA RIVER

**V.A.Makarov, S.M.Makeev, V.V.Mezhubovskiy, V.G.Fisenko, M.A.Samorodskaya**

*Prognostic maps of gold mineralization of Yenisey ridge to the north of Angara river were compiled on database, which included of geological, geophysical, geochemical and other information. The methodology of collection, storage and statistical analysis, which had been accomplished for the actual material is briefly described for future prognosis. The necessity future prospecting of the East part of Yenisei ridge for the gold-bearing mineralization is underlined as actual.*

*Key words:* Yenisei ridge, Yenisei gold-bearing province, prognostic-metallogenic map, characteristic feature, spatial and attribute information, weight of attribute, multiplication.

Изучаемая площадь входит в состав Енисейской золотоносной провинции, одной из крупнейших в России. История ее геологического изучения насчитывает более 150 лет. За это время накоплен огромный фактический материал по геологическим, геохимическим, геофизическим исследованиям, а также по эксплуатации россыпных и коренных месторождений золота. Результаты этих работ неоднократно обобщались в литературе, использовались при прогнозно-металлогенических построениях и оценке золотоносности Енисейского кряжа [1–4, 6, 7]. Применение компьютерных технологий в обобщающих работах было ограничено и, как

правило, сводилось к оформлению итоговых графических приложений. Дополнение и оперативная корректировка прогнозных карт при получении новой информации в применяемых ранее традиционных подходах затруднительны и требуют больших затрат времени.

Авторским коллективом предложен иной подход к созданию прогнозно-металлогенических карт и решению разномасштабных задач прогнозирования. Основой металлогенических построений различного масштаба служит единая база геоданных, содержащая максимально возможную геологическую, геохимическую, геофизическую информа-



Рис. 1. Структура базы геоданных

цию об изучаемой территории. Предусмотрены возможности пополнения и корректировки базы данных, оперативного внесения изменений в уже готовые прогнозные решения, а также выполнения вновь возникающих прогнозно-металлогенических задач с использованием различных методик, включая эвристическое прогнозирование. Потребовалась разработка системы сбора и хранения информации, алгоритмов ее анализа, а также технологий пополнения и защиты геоданных. Работа по созданию динамически пополняемой базы геоданных выполнена на примере заангарской части Енисейского кряжа как основы для составления многоуровневых (разномасштабных) прогнозно-металлогенических карт. Главная задача работы состояла в выборе и определении очередности лицензирования площадей для геологического изучения недр в пределах территории на ближайшую перспективу.

Исходя из поставленной задачи, для площади собрана и переведена в цифровой вид имеющаяся информация по выявлению и анализу поисковых предпосылок и признаков коренной золоторудной

минерализации. По содержанию она разделена на шесть блоков: геологической основы, шлиховой и геохимической информации, металлогенической информации, геофизической информации, информации об изученности исследуемой территории, дистанционной основы.

Для удобства пользования базой данных для всех наборов имеющейся информации создана единая система идентификаторов и атрибутивных таблиц. В структуре базы геоданных (рис. 1) можно выделить две основные группы — пространственные и атрибутивные данные. Первые представляют собой векторные или растровые слои и содержат сведения о геометрии объектов, вторые характеризуют объекты и сведены в обычные таблицы. Атрибутивные данные также хранятся в базе в двух видах. Такие, как код геологического подразделения или название месторождения, находятся непосредственно в таблице атрибутов слоя. Характеристика геологических образований, например литологический состав пород или форма рудных тел, содержится в присоединенной таблице. Большая часть

присоединенных таблиц дублирует информацию из традиционной базы данных MS Access. Между слоями и таблицами организована система связей по ключевым полям. При этом какие именно поля используются в качестве ключевых зависит от особенностей данных. Так, в разделе слоев сопровождения хранится слой изученности территории. Объекты этого слоя имеют следующие атрибуты: автор отчета, год, номер отчета. Последний атрибут (номер отчета) служит ключевым для связи слоя со списком источников информации. По этому же атрибуту можно связать слой изученности с любым из слоев базы, объекты которых содержат ссылку на источник. Также любой из таких слоев можно связать по номеру источника со списком источников. Таким образом, пользователь может получить по любому объекту информацию об отчете, из которого он взят, и посмотреть на карте изученности границы работ в рамках этого отчета. И, наоборот, выделив на карте изученности интересующий полигон, может получить список аномалий, которые выделены в процессе работ на данной территории.

База геоданных содержит специальные домены и сведения. Первые представлены списком допустимых значений того или иного атрибута, вторые позволяют сохранять авторское оформление картографических слоев. Все это дает возможность оперативно пополнять уже имеющуюся информационную основу и в едином ключе оформлять графические приложения. Созданная в таком виде база геоданных служит основой, прежде всего, для составления разномасштабных карт прогноза и легко адаптируется для использования различных методов прогнозирования.

Рассмотрим использование данной базы при разномасштабном прогнозировании коренного золотого оруденения статистическими методами. При выборе логико-математической модели для составления прогнозной карты м-ба 1:500 000 и крупнее ставилась задача обнаружения на территории Енисейского кряжа областей, сходных по набору признаков с областями распространения известных объектов золотой минерализации. В качестве «обучающих» были выбраны не какие-то определенные геолого-промышленные типы золоторудных объектов или месторождения-эталон, а площади с максимальным количеством золоторудных объектов — месторождений, рудопроявлений и пунктов минерализации. В обучении использовано более 550 рудных объектов (пять крупных месторождений, шесть средних, 17 мелких, более 500 рудопроявлений и пунктов минерализации).

Принятый подход к построению прогнозной карты определяет круг возможностей и ограниче-

ний ее использования. Во-первых, прогнозная карта такого типа предназначена для выявления областей с максимально возможной вероятностью обнаружения золоторудных объектов в исследуемом регионе. При этом в настоящий момент часть этих объектов уже обнаружена (обучающие объекты), а часть может быть обнаружена в будущем на участках определенного масштаба. Во-вторых, алгоритм обучения при построении данной карты нацелен на поиск объектов, известных на территории геолого-промышленных типов. Поэтому прогнозная карта, в первую очередь, ориентирована на поиск пропущенных объектов или на обнаружение объектов, не выходящих на дневную поверхность. Кроме того, на ней систематизируется значительный объем геолого-геохимических и геофизических данных по территории Енисейского кряжа, и на прогнозное решение не влияют знания и данные по другим золоторудным регионам России и мира, подобно эвристическим моделям.

Основной структурный элемент разработанной прогнозной карты — база данных характеристических признаков оруденения, включающая ряд геологических, геохимических, минералогических, геофизических и других критериев и признаков, выделенных из общей базы геоданных с помощью специальных запросов. К структурным элементам данной карты относится также алгоритм комбинирования выбранных для прогноза золоторудной минерализации характеристических признаков, основанный на их мультипликации. В самых общих чертах этот способ включает ряд последовательных операций:

статистический анализ пространственной корреляции полей рассматриваемых признаков с полем распространения известных золоторудных объектов. Предварительно объекты могут быть определенным образом классифицированы (по генетическому или промышленному типу, по размаху оруденения и т.д.);

выбор характеристических значений поисковых признаков и перевод их в форму, необходимую для мультипликации. Эта операция осуществляется путем составления специальных графиков, построенных на основе результатов статистического анализа. С их помощью исследуются свойства признака по отношению к обучающим объектам, определяются диапазоны характеристических значений признака и проводится расчет их локализирующего веса для последующей мультипликации;

мультипликация, или наложение с суммированием локализирующих весов, всех характеристических признаков в единый комплексный прогнозный признак. Признаки мультиплицируются в пределах



площадей их характеристических значений, «концентрирующих» максимальное количество известных рудных объектов;

статистический анализ пространственной корреляции поля комплексного прогнозного признака с полем распространения известных золоторудных объектов;

расчет собственного локализирующего веса прогнозного признака во всем диапазоне изменения его величины;

перевод величины комплексного прогнозного признака в вероятность неслучайного обнаружения объектов прогнозируемого типа. Составление карты прогнозной вероятности неслучайного обнаружения прогнозируемых объектов на всей площади прогнозирования.

Ключевым моментом прогнозирования с помощью данной методики является установление локализирующей роли, а следовательно, и поисковой значимости всех критериев и признаков золоторудной минерализации, измеренных инструментально или оцененных в баллах по условной шкале, специально разработанной для признака. Каждый из критериев и признаков общей базы геоданных, которой располагает исследователь, может стать характеристическим признаком для прогнозирования рудных объектов того или иного типа, класса. Вместе с тем, следует иметь в виду, что один и тот же признак в одном диапазоне изменения своих значений может быть характеристическим признаком для одного типа рудных объектов, а в другом — для другого. Например, содержание свинца в донных отложениях рек (рис. 2) в одном диапазоне концентраций (умеренно аномальных) является хорошим прогнозным признаком для золотого типа оруденения, а в другом диапазоне концентраций (максимально аномальных) — для полиметаллического. В дополнение к этому признак характерен только в пределах определенной площади. Следовательно, характеристическим можно назвать любой отобранный для прогнозирования признак, который в одном или нескольких диапазонах изменения своих значений проявляет такую степень пространственно-корреляционной связи с прогнозируемым типом объектов, которую можно считать не случайной. Таким образом, выявление характеристических значений признака — важнейший подготовительный этап расчета комплексного прогнозного признака и построения прогнозной карты.

В основу использованной методики выделения характеристических значений поисковых признаков положен принцип предварительного статистического анализа всех признаков оруденения, имеющих на момент прогнозирования. Поле каждого

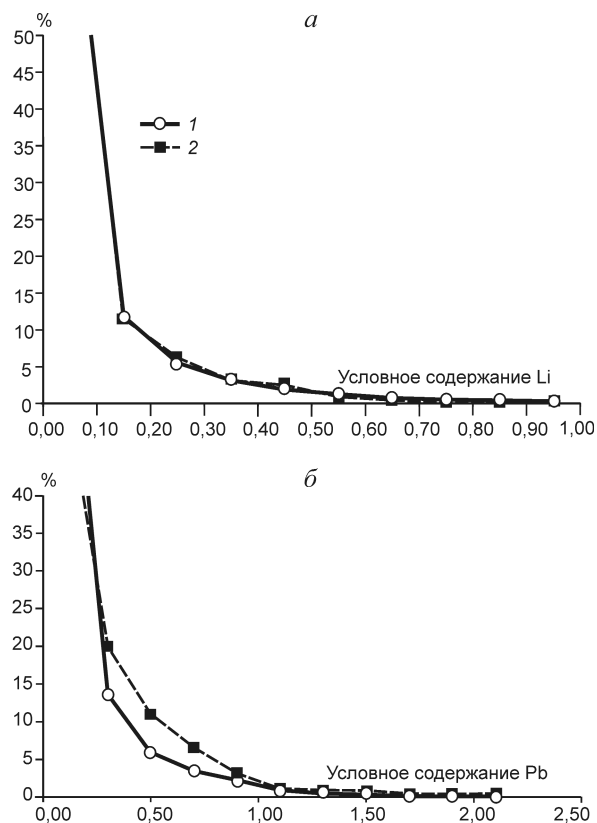


Рис. 2. Кривые распределения дифференциального веса площади диапазонов содержания Li (а), Pb (б) и соответствующего каждому диапазону дифференциального веса количества рудных объектов, попадающих в его контур:

1 — процент от площади, 2 — то же, от количества объектов

признака или его трансформантов в зависимости от качественного типа признака разбивается на интервалы, классы, типы и другие внутренне однородные таксоны. Например, для геохимических, геофизических и других инструментально измеренных полей проводится поинтервальное разбиение, для ряда геологических критериев (стратифицированных толщ осадочных пород или интрузивных массивов) — качественная типизация по стратиграфическим подразделениям или магматическим комплексам. Критерии и признаки, представленные линейными объектами (разломы, линейные геофизические аномалии), классифицировались по удаленности от осевых линий этих объектов.

С использованием возможностей геоинформационной системы ArcGis проводится дифференциальный статистический анализ распределения известных рудных объектов по частоте попадания в выделенные таксоны признака. Дополнительно для каждого из признаков рассчитываются площади,

занимаемые на карте прогнозирования всеми выделенными для него таксонами. Далее рассчитываются дифференциальные удельные веса  $P_i$  (в процентах от общего числа известных объектов) частот объектов, попадающих в тот или иной  $i$ -й таксон, а также дифференциальные удельные веса площадей распространения самих таксонов  $S_i$  (в процентах от общей площади распространения признака). Очевидно, что при случайном распределении известных рудных объектов в поле рассматриваемого признака  $P_i = S_i$  независимо от способа разбиения площади на таксоны. Если же какой-либо  $k$ -й таксон признака будет «концентрировать» на площади  $S_k$  число рудных объектов  $P_k$ , статистически большее, чем при случайном попадании, то для этого таксона  $P_k > S_k$ . Объединение всех смежных таксонов, удовлетворяющих данному неравенству, в один характеристический диапазон  $h$  позволяет «сконцентрировать» в его пределах максимальное число известных объектов, которое может локализовать рассматриваемый признак. Поскольку степень пространственной корреляции разных признаков с рудными объектами различна, отношение числа известных рудных объектов, попавших в контур изолинии, ограничивающей характеристический интервал  $h$ , к площади этого контура является объективным показателем локализующего веса  $V$  рассматриваемого признака. Локализирующий вес признака рассчитывался по формуле:

$$V = \left( \frac{N_h}{C_h} \right) \cdot 10\,000,$$

где  $N_h$  — натуральное число объектов, попадающих в поле характеристических значений признака;  $C_h$  — площадь поля, км<sup>2</sup>. Затем каждый характеристический признак с рассчитанным весом включается в общее прогнозное решение, т.е. мультиплицирование признаков. Однако характеристический интервал может быть выделен не для каждого признака. Так, в литогеохимическом поле лития золоторудные объекты совершенно случайно распределяются по частоте попадания в выделенные интервалы содержаний этого элемента (см. рис. 2). Следовательно, литий при прогнозировании золоторудных объектов не является характеристическим признаком и не должен включаться в набор признаков для прогнозирования. В литогеохимическом поле свинца золоторудные объекты (см. рис. 2) имеют случайное попадание во всех интервалах содержания этого признака, кроме интервала 0,3–1,0 усл. ед. (ранг содержаний элемента). В связи с этим слабые аномальные литогеохимические поля свинца в данном интервале можно использовать в качестве

характеристического прогнозного признака золоторудных объектов, так как в полях таких концентраций свинца происходит относительно высокое концентрирование золоторудных объектов в степени, превышающей их случайное попадание в указанный интервал. Важно отметить, что каждый прогнозный интервал признака, выделенный формальным образом, должен иметь ясную геологическую и металлогеническую интерпретацию. Если такая не найдена, то признак не может быть включен в финальное прогнозное решение. Поэтому на заключительном этапе выбора характеристических признаков прогнозируемого оруденения вводится внешний экспертный контроль, а именно каждый характеристический признак должен иметь не только максимально возможный для него локализирующий вес в выбранном диапазоне, но и ясную геологическую интерпретацию этой величины.

В пределах заангарской части Енисейского кряжа в качестве геологических критериев и признаков золотоносности могут быть использованы следующие геологические таксоны:

стратифицированные подразделения, благоприятные для локализации золоторудных объектов; рудоконтролирующие тектонические нарушения;

магматические комплексы, имеющие генетическую или парагенетическую связь с оруденением;

области развития гидротермального метасоматоза (графитизация, березитизация, пропицитизация, окварцевание и др.);

зоны динамометаморфизма, рассланцевания, милонитизации, интенсивной трещиноватости;

области развития кварцевого прожилкования; пликативные структуры.

Имеющийся фактический материал на площадь заангарской части Енисейского кряжа не позволил использовать весь комплекс критериев и признаков, так как области развития гидротермального метасоматоза, динамометаморфизма и кварцевого прожилкования выделены лишь для части Енисейского кряжа, где в 2000-х годах проведено геологическое доизучение площадей (семь номенклатурных листов — 32% территории). Отсутствие признака более чем на 2/3 территории Енисейского кряжа делает неправомерным его использование в целях прогнозирования в м-бе 1:500 000 на всей площади. Однако для средне- и крупномасштабного прогнозов (1:200 000, 1:50 000) в пределах площадей ГДП-200 эта информация может и должна быть учтена. Использование положения рудного объекта в пликативных структурах региона при прогнозировании м-ба 1:500 000 также затруднительно, поскольку территория имеет сложное складчато-блоковое строение, и выделение элементов складчато-

**Локализирующий вес критериев и признаков коренного золотого оруденения в заангарской части Енисейского кряжа, использованных при построении прогнозной карты м-ба 1:500 000**

Условное название критерия/признака	Вес объектов, локализованных признаком, %	Вес площади признака, %	Локализирующий вес признака, усл. ед
<i>Стратиграфические:</i>			
панамбинская толща	5,4	0,9	329
кординская свита	24,5	5,7	202
пенчингинская свита	7,5	2,0	190
горбилокская свита	9,8	2,7	167
тейская серия	3,2	1,1	133
удерейская свита	24,5	8,6	130
<i>Магматические:</i>			
татаро-Аяхтинский комплекс	54,2	11	236
гурахтинский комплекс	20,0	4,4	218
ерудинский комплекс	20,6	4,6	216
гаревский комплекс	18,1	12,2	70
<i>Тектонические:</i>			
удаленность от главных разломов	93,9	50,5	91
удаленность от всех разломов	75	46,1	65
Градиент магнитного поля	62	43	70
<i>Гравитационные:</i>			
положительные аномалии поля	68	50	67
удаленность от осей гравитационных аномалий	68	54	63
Плотность россыпей	81	23	205
То же, шлиховых ореолов Au	62	26	141
Потоки рассеяния Au	64	27	145
То же, рассеяния As	32	7	250
- « - рассеяния Pb	45	27	97
- « - рассеяния W	24	11	122
- « - рассеяния Cu	56	26	122
<b>Комплексный прогнозный признак</b>	<b>85</b>	<b>21</b>	<b>198</b>

сти (ядра и крылья синклиналей и антиклиналей, ундуляция шарнира, погружение осей складок и др.) на карте м-ба 1:500 000 не представляется возможным. Однако на картах м-ба 1:200 000 третьего поколения (семь номенклатурных листов) элементы пликативных структур выделены довольно отчетливо и должны использоваться для средне- и крупномасштабного прогнозирования. Таким образом, для прогнозирования в м-бе 1:500 000 выбраны стратиграфический, тектонический и магматический критерии, дополненные результатами геофизических (аэромагниторазведка, гравиразведка) и региональных литогеохимических работ, шлиховой съемки, а также сведениями о россыпной и коренной золотоносности. Результаты итогового статистического анализа всех выбранных поисковых критериев и признаков с указанием их локализирующего веса приведены в таблице.

При построении прогнозной карты, как указывалось выше, использована технология мультипли-

кации растров путем их суммирования. Данными для суммирования служили поля распределений признаков (в форме растров или гридов), построенные для каждого признака. Гриды распределения признака отражают территории, где признак проявлен. При переинтерпретации исходных полей (геофизических, геохимических, полей удаленности и проч.) были получены гриды, позволившие отделить их от «пустых» территорий. Векторные данные (такие как полигональные слои стратиграфии) также были переведены в растровый формат и заново классифицированы с учетом локализирующих весов соответствующих признаков. При арифметическом сложении всех полей распределения 22 признаков получена карта (грид) распределения суммарной плотности признаков, названная комплексным прогнозным признаком. К гриду этого признака применен сглаживающий фильтр с круглым окном поиска радиусом 1,5 км. В итоге получен грид распределения комплексного прогнозного

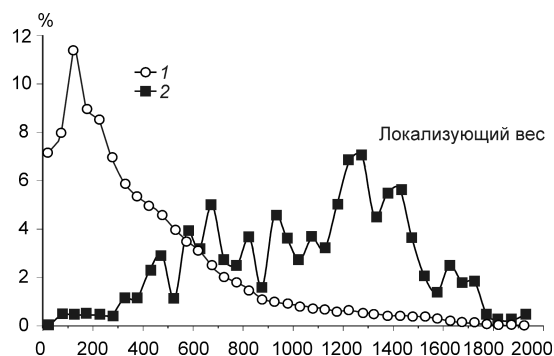


Рис. 3. Кривая распределения дифференциального веса количества рудных объектов, попадающих в контур комплексного прогнозного признака с определенным локализирующим весом и дифференциального веса площади соответствующего контура:

усл. обозн. см. рис. 2

признака с общим диапазоном изменения его величины от нуля до 2500 усл. ед. После расчета комплексного прогнозного признака проведен его статистический анализ по аналогии с другими признаками (см. таблицу).

Из статистического анализа следует, что известные золоторудные объекты начинают «концентрироваться» в поле рассчитанного комплексного прогнозного признака при величине накопленного локализирующего веса всех использованных в прогнозе признаков  $>600$  усл. ед (рис. 3). В этот интервал попадает 85% известных золоторудных объектов при удельной площади контура попадания 21%.

На заключительной стадии составления прогнозной карты выполнены расчеты по переводу величин комплексного прогнозного признака в относительную вероятность неслучайного обнаружения золоторудного объекта. В начале этой работы по вышеприведенной формуле рассчитан локализирующий вес случайного обнаружения золоторудного объекта:

$$V = \left( \frac{N_h}{C_h} \right) \cdot 10\,000,$$

где  $N_h$  — общее число золоторудных объектов;  $C_h$  — площадь заангарской части Енисейского кряжа. Затем для нескольких интервалов изменения величины комплексного прогнозного признака были рассчитаны число объектов, которое случай-

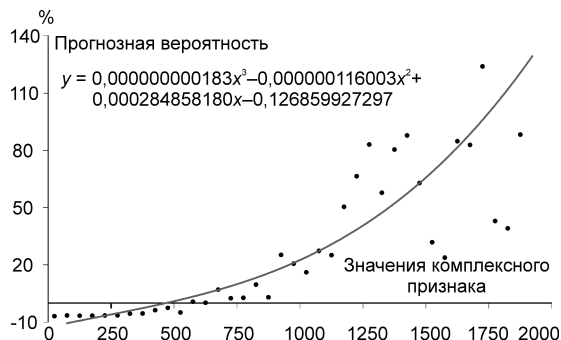


Рис. 4. График зависимости прогнозной вероятности обнаружения объекта от величины комплексного прогнозного признака

ным образом попадает в контур соответствующего интервала, и фактическое число объектов в пределах этих же контуров, проведено сравнение полученных величин.

Суммировав интервалы, в которых число фактически обнаруженных объектов превышает число случайно попадающих, был определен средний собственный локализирующий вес признака. Эта величина условно принята за 50%-ную вероятность обнаружения рудного объекта, а величина локализирующего веса случайного обнаружения объекта, полученная на первом этапе, принята за 0%. Пересчет значений комплексного прогнозного признака в проценты вероятности неслучайного обнаружения объекта согласно уравнению регрессии (рис. 4) привел к созданию итоговой прогнозной карты (рис. 5\*).

Полученная карта может использоваться для оценки прогнозной вероятности неслучайного обнаружения «пропущенных» объектов. При рассмотрении этого варианта карты необходимо помнить: если в область с аномально высокой вероятностью обнаружения попадает известный объект, то это означает, что прогнозное решение в данной области уже реализовано. С другой стороны, области, лежащие вне максимальных значений вероятности обнаружения рудных объектов, могут рассцениваться как менее перспективные или слабоизученные, или относящиеся к новым нетрадиционным для Енисейского кряжа типам рудных объектов. Прогнозные построения, выполненные на собранной базе для отдельных площадей в более крупных масштабах (1:200 000, 1:50 000), показывают, что для Енисейского кряжа возможно выявле-

\* Рис. 5 см. цветную вкладку.

ние новых не характерных для региона типов золоторудных объектов. В частности, можно прогнозировать золото-урановые объекты в структурах несогласий (Кутукасское проявление Кутукасской площади) и объекты золото-порфирового типа (участок Междуречный Троеусовской площади) (см. рис. 5).

Особого внимания заслуживают площади (Иочиминская и Вангашская) восточнее Ишимбинского разлома — одной из главных рудоконтролирующих структур региона [2]. Предшествующими работами, в том числе авторов [5, 8], в пределах этих площадей были выявлены прямые признаки золоторудной минерализации (россыпи и рудопроявления золота, литогеохимические аномалии золота и его элементов-спутников и др.). Данные площади расположены на значительном удалении от гранитоидов Татарско-Аяхтинского комплекса и, судя по развитию протяженных субогласных с отдельными литологическими горизонтами литогеохимических аномалий Au и As, здесь можно ожидать проявление как традиционных, так и новых для Енисейского кряжа (стратиформное) геолого-промышленных типов оруденения.

Перспективы амагматичного восточного склона Енисейского кряжа в целом на обнаружение промышленно значимых золоторудных объектов в настоящее время оцениваются неоднозначно. В частности, помимо Иочиминской и Вангашской площадей, не получила надлежащей заверки комплексная протяженная (до 30 км) слабоконтрастная геохимическая аномалия Au, As, U. Аномалия, выявленная опережающими геохимическими работами м-ба 1:50 000, располагается в непосредственной близости от Ангаро-Бахтинского разлома и приурочена к горизонту графитизированных терригенных отложений кординской свиты (Верхнекординская площадь, см. рис. 5). В этой связи представляются актуальными изучение закономерностей

локализации новых нетрадиционных типов оруденения в пределах восточного склона Енисейского кряжа, выявление их природы и оценка металлогенического потенциала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геология* и металлогения Енисейского рудного пояса / Отв. ред. Г.Н.Бровков, Л.В.Ли, М.Л.Шерман. — Красноярск: СНИИГГиМС-ПГО «Красноярскгеология», 1985.
2. *Геолого-структурная* позиция и типизация золоторудных полей восточной части Енисейского кряжа / А.М.Сазонов, Е.А.Звягина, Т.В.Полева и др. // Мат-лы юбилейной научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири». Красноярск, 2010. С. 94–101.
3. *Зверев В.В.* Золотоносные рудно-магматические системы в геохимическом поле Енисейского кряжа // Прикладная геохимия. М., 2008. Вып. 8. Т. 2. С. 135–143.
4. *Ли Л.В.* Золоторудные месторождения Енисейского кряжа // Геология и полезные ископаемые Центральной Сибири. Красноярск, 1997. С. 184–222.
5. *Макаров В.А., Маслов Г.Б.* Новые данные о золотоносности Иочиминской рудной зоны (Восточный склон Енисейского кряжа) // Современные технологии освоения минеральных ресурсов. Красноярск, 2006. С. 83–88.
6. *Модели* месторождений золота Енисейской Сибири / С.С.Сердюк, Ю.Е.Коморовский, А.И.Зверев и др. — Красноярск: Город, 2010.
7. *Прогнозно-поисковые* модели основных формационных типов золоторудных месторождений Енисейского кряжа / А.К.Мкртычян, Е.И.Берзон, В.К.Зуев и др. // Мат-лы юбилейной научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири». Красноярск, 2010. С. 46–62.
8. *Фисенко В.Г.* К вопросу об информативности методов при поисках золотого оруденения в пределах Иочиминской рудной зоны (Енисейский кряж) // Тр. XV Международного симпозиума им. академика М.А.Усова «Проблемы геологии и освоения недр». Томск, 2011. Т. I. С. 200–202.

# МОНИТОРИНГ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ НЕДР



УДК 550.812.1:681.3

© Г.С.Забродский, И.В.Егорова, 2012

## АС «МИНЕРАЛ-ДОКЛАД»: АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ В РОССИИ

Г.С.Забродский, И.В.Егорова (ИАЦ «Минерал» ФГУНПП «Аэрогеология»)

*Автоматизированная система (АС) «Минерал-Доклад» предназначена для сбора и хранения в единой электронной базе данных информации о ходе и результатах геологоразведочных работ, проводимых в России. Описываются основные принципы организации сбора информации, главным из которых является ввод сведений в АС по мере их поступления, в режиме реального времени с помощью сети Интернет. Показано, что применение такой методики позволяет существенно повысить актуальность, полноту и достоверность собираемой в системе информации по сравнению с аналогичными системами и базами данных, которые формируются различными государственными структурами. Особое внимание уделено способам использования данных, накопленных в системе: их анализу, в том числе с помощью специальных программных средств, картографическому представлению, а также применению для подготовки различных видов отраслевой отчетности.*

*Ключевые слова: автоматизированная система, программное обеспечение, минерально-сырьевая база, воспроизводство, геологоразведочные работы, мониторинг, недропользователи, внебюджетные инвестиции, федеральный бюджет, государственный учет, отраслевая отчетность, электронная карта, анализ данных.*

*Забродский Григорий Сталленович, [grigory@mineral.ru](mailto:grigory@mineral.ru), Егорова Ирина Валентиновна, [irina@mineral.ru](mailto:irina@mineral.ru)*

## AS «MINERAL-DOKLAD»: AN AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING AND ANALYZING THE RESULTS OF EXPLORATION CARRIED OUT IN RUSSIA

G.S.Zabrodsky, I.V.Egorova

*Automated system (AS) «Mineral-Doklad» is designed for collecting and storing in a single electronic database the information about progress and results of exploration conducted in Russia. The article describes basic principles of data collection, the main of which is to input information into the AS as it becomes available, in real time, using the Internet. It is shown that the application of this technique can significantly enhance the relevance, completeness and reliability of the information collected in the AS compared with other systems and databases. The special attention is given to the ways of using data stored in the system: its analysis, including by means of special software, cartographical representation and application for different types of the industry reporting.*

*Key words: the automated system, software, mineral resources, reproduction, exploration, monitoring, mining companies, non-budget investment, the federal budget, governmental accounting, branch reporting, electronic map, the data analysis.*

Эффективный контроль предприятий-недропользователей в части выполнения ими обязательств по проведению геологоразведочных работ (ГРП) на лицензионных участках представляется особенно важным с учетом той роли, которая отводится частным компаниям в решении задач по воспроизводству минерально-сырьевой базы (ВМСБ) России. Существенно препятствует такому контролю дефицит информации о ходе и результатах ГРП, проводимых недропользователями на конкретных участках, в отдельных регионах России и стране в целом. Если сведения об объемах работ, финансируемых из федерального бюджета, и их результатах можно считать исчерпывающими, то данные о ГРП

за счет внебюджетных средств, как правило, являются неполными, не отвечают требованиям достоверности и актуальности, что значительно затрудняет оперативное принятие тех или иных управленческих решений. Этой проблемой ФГУНПП «Аэрогеология» занимается с середины 2000-х годов. За это время у авторов сложилось достаточно четкое представление о том, каким образом, в каком виде, форме и объемах должны собираться сведения о ГРП для получения полной и объективной картины геологоразведочного процесса в Российской Федерации.

Результатом полученных наработок стало создание и внедрение в эксплуатацию автоматизирован-

ной системы, предназначенной для распределенного сбора и хранения в едином централизованном электронном хранилище данных о проводимых в России работах по ВМСБ, — АС «Минерал-Доклад». Ее принципиальным отличием от других аналогичных систем и баз данных, формируемых различными государственными структурами, является работа в интерактивном режиме на основе интернет-технологий. Такое техническое решение позволяет эксплуатировать АС на рабочих местах пользователей, независимо от их местоположения. При этом применяется стандартное и общедоступное программное обеспечение — браузер Internet Explorer, входящий в стандартный комплект операционной системы Microsoft Windows, или бесплатные браузеры Mozilla Firefox, Opera, Google Chrome, а также приложение Microsoft Office Excel. Для успешной и продуктивной работы с АС пользователи должны быть знакомы только с графическим интерфейсом операционной системы Microsoft Windows, никаких дополнительных и специальных навыков не требуется. Все данные хранятся и обрабатываются на сервере ФГУНПП «Аэрогеология», что не налагает каких-либо специальных требований к техническим характеристикам компьютеров у пользователей. Таким образом, единственным условием возможности работы с АС «Минерал-Доклад» является наличие у пользователя доступа в интернет.

Это позволяет организовать поступление информации о ГРР непосредственно из территориальных Управлений и Департаментов по недропользованию Федерального агентства по недропользованию (Роснедра), по роду своей деятельности располагающих наиболее полными и достоверными данными о работах по воспроизводству минерально-сырьевой базы страны, выполняемых на соответствующих территориях. Пополняют АС «Минерал-Доклад» и поддерживают актуальность содержащихся в ней сведений специалисты территориальных подразделений Роснедра. Тем самым ликвидируются промежуточные звенья при передаче информации, унифицируется ее характер и сокращаются сроки сбора и обработки.

**Ввод данных в АС «Минерал-Доклад».** Вход в систему осуществляется по логину и паролю, персональным для каждого пользователя. Передача сведений ведется по защищенному протоколу https, выполняющему шифрование данных.

Все данные, введенные в систему, подвергаются технической проверке на предмет полноты и достоверности, а также соответствия требованиям, обеспечивающим возможность дальнейшей полноценной обработки, структурирования и комплексного анализа информации. При выявлении тех или

иных недочетов они корректируются и уточняются путем повторных запросов в территориальные подразделения Роснедра. Эта проверка осуществляется силами сотрудников ФГУНПП «Аэрогеология».

Немаловажным является тот факт, что внедренная технология организации работы с АС предполагает ее непрерывное пополнение в режиме реального времени, по мере поступления тех или иных данных о ГРР в территориальные Управления и Департаменты по недропользованию. Таким образом, поддерживается высокая степень актуальности сведений, содержащихся в системе.

В АС «Минерал-Доклад» собирается информация о ГРР, проводимых в России за счет всех источников финансирования, однако основной упор по уже указанным выше причинам делается на данные о работах, которые выполняются за счет собственных средств недропользователей. В их числе в систему вводятся сведения о:

действующих лицензиях, условиями которых предусматривается проведение геологоразведочных работ;

проектах ГРР, выполняемых в России в целях воспроизводства минерально-сырьевой базы;

предприятиях-недропользователях, планирующих и проводящих работы по ВМСБ на территории страны.

По каждому из проектов ГРР собираются данные о его наименовании, сроках выполнения (год и квартал начала и окончания работ), общей стоимости, видах и объемах работ, предусмотренных проектно-сметной документацией, ожидаемых геологических результатах; видах и объемах ГРР, ежегодно планируемых и фактически выполняемых в рамках проекта, размерах их финансирования, полученных и ожидаемых результатах, включая приросты запасов полезных ископаемых, в том числе прошедших в установленном порядке государственную экспертизу, и прогнозных ресурсов, в том числе принятых на НТС территориальных подразделений Роснедра, по видам сырья и категориям; объемах погашения запасов минерального сырья в недрах в ходе проведения работ. В составе сведений о лицензиях, по условиям которых выполняются проекты ГРР, собираются данные об их сериях, номерах и видах, датах государственной регистрации и окончания сроков действия, наименованиях предприятий-недропользователей, а также о лицензионных участках, включая их названия и географические привязки, информацию о запасах и прогнозных ресурсах полезных ископаемых, учтенных по участкам на момент выдачи лицензий и по состоянию на начало каждого из последующих годов, с разбивкой по видам сырья и категориям.

Дополнительно в АС вводятся данные о координатных привязках лицензионных участков — объектов ГРП. При привязке каждого участка, помимо широты и долготы его угловых точек, учитываются разделение полигона на несколько частей, наличие исключений из контура, его проведение по гидрографическим объектам, административным границам и т.п.

Информация о работах по ВМСБ, выполняемых за счет средств бюджета Российской Федерации, подготавливается в системе на основе ежегодных пообъектных перечней государственных контрактов на выполнение работ по геологическому изучению недр, утверждаемых Роснедра. В АС по каждому такому контракту собираются сведения о наименовании объекта ГРП и основных пунктах технического (геологического) задания на выполнение работ, сроках действия (год и квартал начала и окончания работ) контракта, его государственном регистрационном номере и общей стоимости, наименовании предприятия-подрядчика, территориях проведения ГРП, видах и объемах, предусмотренных утвержденной проектно-сметной документацией по объекту работ, ожидаемых геологических результатах. Кроме того, сбору подлежат данные о лимитах финансирования ГРП, предусмотренных и фактически освоенных в течение каждого года действия контракта; видах и объемах выполненных и запланированных работ, а также их геологических результатах, включая локализацию и оценку прогнозных ресурсов полезных ископаемых, в том числе принятых на НТС Управлений и Департаментов по недропользованию Роснедра и апробированных головными отраслевыми институтами, и приросты запасов, в том числе прошедших государственную экспертизу в установленном порядке, с разбивкой по видам сырья и категориям.

По каждому из объектов работ по ВМСБ, проводимых за счет средств бюджетов субъектов РФ, в систему вводится информация о наименовании контракта и основных положениях технического (геологического) задания на выполнение ГРП, сроках действия (год и квартал начала и окончания) контракта, наименовании организации-заказчика и предприятия-исполнителя работ, общей стоимости, видах и объемах, предусмотренных ГРП согласно проектно-сметной документации, ожидаемых геологических результатах. Кроме того, собираются сведения о плановых размерах инвестиций и фактическом финансировании работ за каждый календарный год, видах и объемах выполненных и запланированных ГРП, а также их результатах, включая локализацию прогнозных ресурсов и приросты запасов полезных ископаемых с разбивкой по видам сырья и катего-

риям. В случае если выполнение контракта требует оформления лицензии, дополнительно в АС вводятся сведения о ней (серия, номер, даты государственной регистрации и окончания сроков действия лицензии, вид и основные условия пользования недрами, наименование лицензионного участка).

Первые данные, собранные в АС «Минерал-Доклад», датируются 2006 г. По состоянию на начало 2012 г. в системе содержатся сведения о >4400 лицензиях и почти 4200 проектах ГРП, проводившихся за счет собственных средств недропользователей, 2173 государственных контрактах на выполнение работ по геологическому изучению недр за счет средств федерального бюджета РФ и 78 объектах ГРП, которые велись по заказу органов власти субъектов Российской Федерации.

Пользователи, предоставляющие информацию, имеют возможность добавлять в систему данные по лицензиям, проектам по лицензиям, выполняемым за счет собственных средств недропользователей, объектам ГРП за счет федерального и региональных бюджетов, а также корректировать введенную информацию. В процессе ввода и, возможно, уточнения данным присваиваются определенные статусы, отражающие степень их полноты и корректности.

Ввод подавляющего большинства информации, в первую очередь, относящейся к количественным параметрам, осуществляется выбором из справочников, что, с одной стороны, упрощает процедуру ввода, а с другой — стандартизирует этот ввод и исключает возможные ошибки.

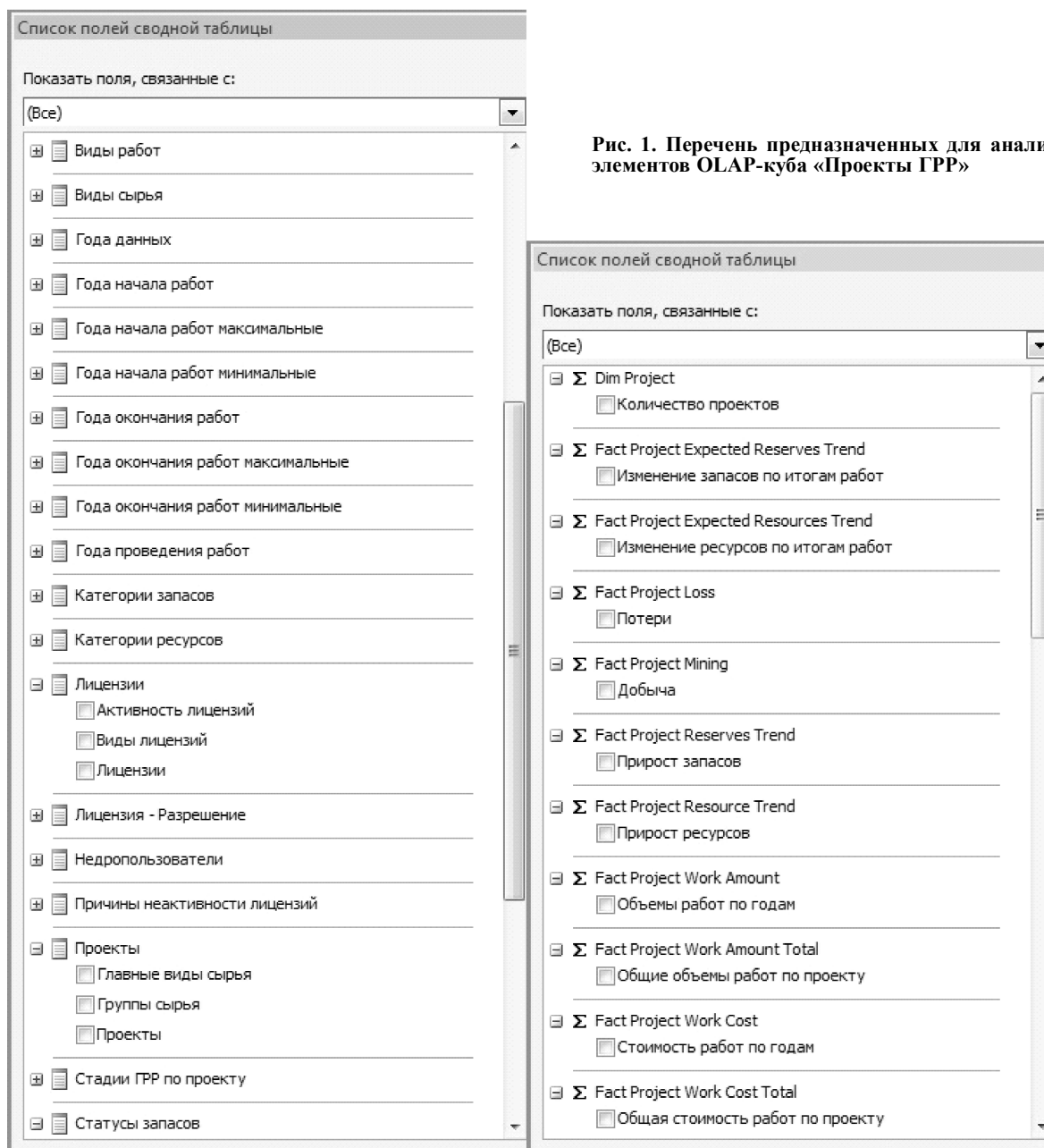
В штатном режиме ввод и редактирование данных осуществляются онлайн-способом в режиме реального времени. Для упрощения и ускорения работы с системой в ее структуре создан ряд дополнительных сервисов.

На сайте АС размещены документы, знакомство с которыми необходимо для успешной работы в системе: Руководство пользователя и Инструкция по вводу данных. Имеются также специальные формы для пополнения справочного информационного наполнения АС и для обеспечения контроля и корректировки данных.

С помощью отдельных форм формата MS Office Excel выполняются корректировка координат угловых точек лицензионных участков и при необходимости их дополнительная оцифровка.

**Аналитический блок АС «Минерал-Доклад».** Сбором и централизованным хранением информации о работах по ВМСБ функциональные возможности АС «Минерал-Доклад» не ограничиваются. В ее структуре разработаны и внедрены специальные программные средства анализа накопленных данных о ГРП — аналитический блок системы.





**Рис. 1. Перечень предназначенных для анализа элементов OLAP-куба «Проекты ГРП»**

Блок представляет собой хранилище аналитических сведений, организованное по принципу независимой базы данных под управлением Microsoft SQL Server и ежедневно обновляемое в автоматическом режиме с учетом новых сведений, поступающих в АС. Для анализа информации применяется серверная платформа Microsoft SQL Server Analysis Services, в качестве программного обеспечения пользователей блока предусматривается использование стандартного Microsoft Excel.

Результатом внедрения аналитического блока стала дальнейшая адаптация АС «Минерал-Док-

лад» к применению в территориальных Управлениях и Департаментах по недропользованию Роснедра — непосредственных поставщиках сведений в систему. Постоянный доступ к сведенной в единую базу данных и четко структурированной информации о ГРП с возможностью ее регулярного оперативного анализа позволяет специалистам подразделений Федерального агентства по недропользованию оперативно использовать эту информацию. Тем самым повышается эффективность выполнения возложенных на них функций по управлению фондом недр, включая государствен-

Виды лицензий		(несколько элементов)		
Федеральные округа		Уральский федеральный округ		
Количество проектов		Названия		
Названия строк		2008	2009	2010
Барит (в пересчете на BaSO <sub>4</sub> ), тыс.т			1	1
Бокситы (в пересчете на Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), тыс.т		1	1	1
Вольфрам коренной (в пересчете на WO <sub>3</sub> ), т		1	1	1
Глины бентонитовые, тыс.т		1	1	1
Глины огнеупорные, тыс.т		1	1	1
Демантоид (андрадит), кг		3	3	2
Железные руды, тыс.т		4	4	6
Золото коренное, кг		23	21	22
Золото россыпное, кг		18	17	15
Золото техногенное, кг		2	2	1
Известняки (цементное сырье), тыс.т		1	1	1
Кварц жильный, тыс.т		1	1	1
Кианит, тыс.т		2	2	2
Марганцевые руды, тыс.т		1		
Медь, тыс.т		9	10	7
Молибден, т		1	1	1
Нефрит, т		1		
Никель, тыс.т		6	6	4
Пески (формовочные материалы), тыс.т				1
Пески титан-циркониевых россыпей, тыс.т		1		
Платина коренная, кг		1	1	1
Платина россыпная, кг		12	8	5
Полевой шпат (полевошпатовое сырье), т		1		
Уголь бурый, тыс.т		1	1	1
Уран, тыс.т		1	1	
Фосфоритовые руды (в пересчете на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), тыс.т		2	2	
Хромовые руды, тыс.т		8	9	8
Цеолитсодержащие породы, тыс.т			2	2
Цинк, тыс.т		1	1	
<b>Общий итог</b>		<b>104</b>	<b>98</b>	<b>85</b>

Рис. 2. Динамика количества проектов ГРП на различные виды твердых полезных ископаемых, выполнявшихся в Уральском федеральном округе в 2008–2010 гг.:

пример построения таблицы при помощи OLAP-куба «Проекты ГРП»

ный учет работ по геологическому изучению территории России и выдаче лицензий на право пользования недрами.

Собранные в хранилище аналитические сведения разделены на четыре самостоятельных массива данных (OLAP-куба) — «Лицензии», «Проекты



**Рис. 3. Количество лицензий, выданных для проведения работ по ВМСБ благородных металлов в 2010 г. в регионах РФ:**

пример построения диаграммы при помощи OLAP-куба «Лицензии»

ГРП», «Объекты ФБ» и «Объекты РБ». Они содержат всю введенную в АС «Минерал-Доклад» информацию, которая с необходимой полнотой характеризует соответственно:

состояние распределенного фонда недр, переданного в пользование для проведения ГРП за счет внебюджетных источников;

ход и результаты работ, осуществляемых предприятиями-недропользователями (рис. 1);

выполнение государственных контрактов на проведение работ по геологическому изучению недр за счет средств бюджета Российской Федерации;

выполнение контрактов на проведение ГРП по заказу органов власти субъектов РФ.

Таким образом, пользователи системы могут при помощи построения произвольных сводных таблиц и диаграмм по накопленным данным анализировать весь процесс работ по ВМСБ, проводимых как в России в целом, так и в отдельных ее регионах за счет всех возможных источников финансирования, оценивать его эффективность, в том числе в целях дальнейшего планирования работ.

Примеры построения таблиц и диаграмм на основе информации, собранной в АС «Минерал-Доклад», с использованием аналитического блока системы приведены на рис. 2 и 3.

Доступ к работе с OLAP-кубами АС предоставлен всем зарегистрированным пользователям системы. Как и в случае с процедурой ввода и корректировки данных, он осуществляется по протоколу https с использованием личных паролей для обеспечения защиты собранных сведений. Программное обеспечение, необходимое для работы с аналитическим блоком, включает в себя Microsoft Excel 2003 и выше, а также несколько программных компонентов, постоянно доступных для свободного скачивания на сайте системы.

**Отчетные материалы.** Еще одной функцией АС «Минерал-Доклад» является возможность автоматизированного построения пользователями системы отчетных материалов, предназначенных для просмотра и печати стандартизированных таблиц формата MS Excel, содержащих сведения о результатах геологоразведочных работ, выполняемых и планируемых в России. Предполагается, что в перспективе данная функция может использоваться непосредственно специалистами территориальных подразделений Роснедра как на региональном, так и окружном уровнях. Для этого реализовано построение отчетных таблиц не только по каждому отдельно взятому субъекту РФ, но и отчетов со сводными данными по федеральным округам страны.

В настоящее время при помощи АС могут быть сгенерированы отчетные таблицы с данными о работах по ВМСБ твердых полезных ископаемых, проводимых за счет собственных средств недропользователей и средств бюджетов субъектов РФ. Они приведены в соответствие с требованиями, которые предъявляются Управлением геологии твердых полезных ископаемых Роснедра к ежегодной отчетности Управлений и Департаментов по недропользованию.

Таблицы делятся на две основные группы:

1) сводные отчеты о выполнении работ по геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы за счет средств недропользователей (средств бюджетов субъектов РФ) и Перечни (Программы) геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые по геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы за счет средств недропользователей (средств бюджетов субъектов РФ);

2) отчеты о состоянии финансирования объектов ГРР на твердые полезные ископаемые, выполняемых за счет средств недропользователей (средств бюджетов субъектов РФ).

Первая группа таблиц содержит данные обо всех лицензиях, действующих на территории региона или федерального округа РФ в течение выбранного при построении отчетного года и предусматривающих выполнение работ по ВМСБ твердых полезных ископаемых. К ним относятся лицензии видов П и Р, а также вида Э в случаях, если условия последних включают в себя утверждение запасов в установленном порядке или их переоценку по итогам разведки.

Внутри таблиц лицензии группируются по направлениям работ, затем по видам твердых полезных ископаемых, для воспроизводства минерально-сырьевой базы которых выполняются эти ГРР. Для каждой такой группы дополнительно выводится суммарный фактический (плановый) объем затрат недропользователей (бюджетов субъектов РФ) на геологоразведку за год.

В таблицы второй группы — отчеты о состоянии финансирования объектов ГРР на твердые полезные ископаемые, выполняемых за счет средств недропользователей (средств бюджетов субъектов РФ), — также выводится полный перечень действующих на протяжении выбранного отчетного года в пределах одного субъекта или федерального округа РФ лицензий на проведение работ по ВМСБ твердых полезных ископаемых. Он формируется по тем же условиям, что и перечень лицензий для первой группы таблиц. Для каждой лицензии в таблице указываются: серия и

номер, вид пользования недрами; вид твердого полезного ископаемого, на воспроизводство минерально-сырьевой базы которого направлены ГРР по лицензии (для комплексных объектов выбирается главный); наименование предприятия-недропользователя; объемы планового и фактического финансирования работ, выполненных в рамках лицензии в выбранном отчетном году, а также запланированный лимит затрат на год, следующий за ним. Внутри таблиц объекты группируются по направлениям ГРР, затем по видам твердых полезных ископаемых и предприятиям, проводящим работы.

*Электронная карта лицензионных площадей.* В составе АС «Минерал-Доклад» разработан и внедрен картографический модуль, который позволяет генерировать схематические карты лицензионных участков любого масштаба и на любую часть территории страны. Он доступен всем зарегистрированным пользователям системы через интернет и является частью Web ГИС-приложения на платформе MapServer, размещенного на сайте АС.

Развернута серверная ГИС-платформа, на которую последовательно перенесены две версии оптимизированной для MapServer и Web топографической основы. Последняя из них, которая используется в настоящее время, включает административно-территориальную карту с делением на субъекты и федеральные округа, а также физическую карту страны; выбор между ними осуществляется опционально.

В составе картографического модуля реализованы функции: стандартной веб-навигации по URL, позволяющей сохранять на карту закладки и пользоваться историей просмотра веб-браузера; поиска и показа выводимых на карту объектов — лицензионных площадей — по значениям их основных атрибутов; перемещения, увеличения и уменьшения области видимости; прокрутки и масштабирования области видимости; отображения ретроспективных данных о лицензионных площадях начиная с 2008 г.

Также внедрены идентификация объектов на карте с любого масштаба просмотра, автоматический подбор оптимальных условных обозначений в зависимости от масштаба, стандартная идентификация пользователей карты, полностью автоматическое ежедневное обновление данных, представленных на карте, конвертация в формат MapServer всех необходимых пространственных данных, включая координаты угловых точек лицензионных площадей. Разработана процедура автоматизированной дополнительной оцифровки и вывода на карту контуров полигонов, которые не проводятся прямыми

линиями между угловыми точками, а проходят по административным границам, гидрографическим объектам и т.п.

Лицензионные площади, которые выводятся на электронную карту (рис. 4\*), снабжены атрибутивными таблицами с информацией об этих объектах. В них отображаются данные о сериях и номерах лицензий, датах государственной регистрации и окончания сроков их действия, видах пользования недрами, названиях и местоположении площадей, наименованиях предприятий-недропользователей. Основное назначение электронной карты — отображение, поиск и анализ сведений о геологоразведочных работах, выполняемых на территории России.

В целом уже сейчас АС «Минерал-Доклад» в значительной степени адаптирована к широкому

использованию в структуре Роснедра для обеспечения государственного учета работ по геологическому изучению недр. Собранный в системе массив информации о ГРР охватывает 2006–2011 гг., что дает возможность сформировать детальную картину геологоразведочных работ, выполнявшихся в это время как в России в целом, так и в отдельных ее регионах, и проследить динамику их хода и результатов за указанный период. Анализ накопленных сведений, в том числе с применением специальных программных средств, позволяет дать исчерпывающую характеристику работ по ВМСБ, которые проводятся в стране, что, в свою очередь, может стать основой для повышения эффективности их государственного планирования на перспективу.

УДК 004:9:528:92

© К.Н.Мазуркевич, К.В.Флоренский, 2012

## СВОДНАЯ ЦИФРОВАЯ ГЕОЛОГО-КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА РОССИИ — ОТ БУМАГИ К ИНТЕРАКТИВНОМУ ОНЛАЙНОВОМУ ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ДАННЫХ

К.Н.Мазуркевич (ФГУП «ВСЕГЕИ»), К.В.Флоренский (ФГУНПП «Аэрогеология»)

*В качестве средства представления материалов сводной цифровой геолого-картографической основы на информационной базе ГИС-Атласа России используется интерактивная электронная карта. В 2012 г. начата ее опытная эксплуатация, в настоящий момент зарегистрировано более 150 пользователей электронной карты — это руководители и специалисты центрального аппарата и территориальных органов Роснедра, территориальных фондов геологической информации, а также отраслевых институтов.*

*Ключевые слова: геология, недропользование, онлайн, карты, Россия, программное обеспечение. Мазуркевич Кирилл Николаевич, Флоренский Кирилл Владимирович, [kirill@mineral.ru](mailto:kirill@mineral.ru)*

### INTEGRATED ONLINE GEOMAPS OF RUSSIAN FEDERATION

К.Н.Мазуркевич, К.В.Флоренский

*Web resource «Online GeoMaps of the Russian Federation» includes a lot of geological maps (geological, metallogenic etc.), as well as maps of mineral deposits, licenses, mining industry and many others. Software development is being carried out by Mineral Center of State Enterprise «Aerogeologia», the great bulk of geological data is provided by A.P.Karpinsky Russian Geological Research Institute. Statistical data is provided by the Russian Geological Fund. Online GeoMaps of the Russian Federation is being used by state bodies and state geological enterprises.*

*Key words: geology, mining, online, maps, Russia, software.*

Основная задача сводной цифровой геолого-картографической основы России — обеспечение Федерального агентства по недропользованию, его региональных и территориальных органов и подведомственных организаций интегрированной координатно привязанной информацией о геологической

изученности, геологическом строении, закономерностях размещения полезных ископаемых, распределенном и нераспределенном фонде недр Российской Федерации. Работы по формированию и актуализации материалов сводной цифровой геолого-картографической основы ведутся за счет средств феде-

\* Рис. 4 см. цветную вкладку.

рального бюджета в рамках Государственного контракта № АМ-02-34/23 от 16.05.2011 г., выполняемого ФГУП «ВСЕГЕИ» и ФГУНПП «Аэрогеология» по заказу Управления геологических основ, науки и информатики Федерального агентства по недропользованию Российской Федерации.

**ГИС-Атлас России как информационная основа сводной цифровой геолого-картографической основы России.** Формирование сводной цифровой геолого-картографической основы проводится на базе материалов Информационно-аналитической геолого-картографической системы «ГИС-Атлас России», разработка которой началась в 2001 г., а мониторинг материалов, входящих в ее состав, ведется и в настоящее время. При создании ГИС-Атласа России основная проблема заключалась в разнородности данных и большом количестве их источников, не увязанных между собой. Проблема разнородности данных решена путем создания Технологических требований к содержанию и структуре цифровых материалов геологического содержания ГИС-Атласа России, федеральных округов и субъектов федерации, обеспечивших однородность данных, входящих в состав системы. Проблема несогласованности данных из различных источников решалась путем централизованного ввода информации и определения основных источников данных для системы. Таковыми являлись:

для картографических материалов — изданные и апробированные карты геологического содержания по территории России м-бов 1:2 500 000 и 1:1 000 000;

для объектов месторождений полезных ископаемых — данные Государственного кадастра (координатная привязка и их характеристика) и Государственного баланса (характеристика объектов);

для лицензионных площадей — данные территориальных органов управления недропользованием и данные информационной системы «Недра».

Выявляемые в процессе ввода информации ошибки уточнялись по материалам ГК-200, ГК-1000 и данным территориальных органов управления недропользованием. В результате проведенных работ получен массив данных, обеспечивающий однородность представленной информации как по структуре данных, так и по их источникам.

В рамках создания системы проводились работы по программно-технологическому обеспечению ее функционирования. Результатом работы является усовершенствованный программно-технологический комплекс «ПТК ГИС-Атлас», обеспечивающий доступ к материалам ГИС-Атласа России в сетевом режиме, ввод, редактирование и анализ информации при помощи «тяжелых» ГИС (ArcView, ArcGIS 8.x,

9.x). Была отработана методика представления материалов при помощи «легкого» ГИС (MapServer) как в локальном сетевом режиме, так и в сети Internet.

В настоящее время материалы, вошедшие в состав Информационно-аналитической геолого-картографической системы «ГИС-Атлас России», служат базовыми для сводной цифровой геолого-картографической основы России.

**Структура и состав информационного наполнения.** Логическая структура материалов унаследована из ГИС-Атласа России. В состав сводной цифровой геолого-картографической основы России входят шесть информационных блоков.

1. Административный:

географическая основа (м-бы 1:500 000–1:2 500 000);

карта административного деления (м-бы 1:500 000–1:2 500 000);

карта геологических памятников и уникальных геологических объектов (м-б 1:2 500 000);

карта особо охраняемых территорий (м-б 1:2 500 000);

карта органов управления недропользованием (внемасштабная);

2. Объекты ГРП:

карта размещения геологоразведочных работ по заказам Роснедра, увязанная с автоматизированной системой «Минерал-Финансы» (внемасштабная);

карта участков недр, перспективных для проведения геолого-съемочных и поисковых работ (внемасштабная);

3. Изученность Российской Федерации:

схема изученности геолого-съемочными работами м-ба 1:200 000 (внемасштабная);

схема изученности геолого-съемочными работами м-ба 1:1 000 000 (внемасштабная);

схема обеспеченности ГК-1000/3 и ГК-200 геофизическими, геохимическими и дистанционными основами (внемасштабная);

4. Геологическое строение территории Российской Федерации:

геологическая карта (м-бы 1:500 000–1:2 500 000);

карта четвертичных отложений (м-б 1:2 500 000);

космогеологическая карта (м-б 1:2 500 000) (для регионального представления — карта дистанционного зондирования по материалам Landsat 7 (м-бы 1:1 000 000–1:2 500 000);

5. Минерально-сырьевая база территории Российской Федерации:

карта месторождений полезных ископаемых, увязанная с базой данных ГБЗ РФ (Росгеолфонд) (внемасштабная);

карта распределенного фонда недр, увязанная с ИС «Баланс-Лицензия» и ИС «Недра» (внемасштабная);

карта минерагенического районирования (м-б 1:2 500 000);

карта районирования нефтегазоносности (м-б 1:2 500 000);

карта районирования угленосности (м-б 1:2 500 000);

карта перспективных геологических участков и площадей с учтенным металлогеническим потенциалом и прогнозными ресурсами категории  $P_3$  (внемасштабная);

#### 6. Аналитический:

справки об эффективности региональных геолого-геофизических и геолого-съёмочных работ;

справки о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы (субъекта РФ, федерального округа).

**Электронная карта недропользования Российской Федерации как средство интерактивного онлайн-представления данных.** Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации (ИЭК) — это относительно новый перспективный способ представления наиболее востребованных картографических, аналитических и справочных материалов, повышающий степень их интеграции и доступности. Интерактивная электронная карта ориентирована на руководителей и специалистов отрасли, не требует специальной подготовки и обучения.

Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации использует шифрованные каналы Интернета как средство связи. Программное обеспечение разработано Центром «Минерал» ФГУНПП «Аэрогеология» на базе продуктов MapServer и ESRI ArcGIS Engine. Для загрузки данных на сервер используется специально созданный конвертор для проектов ESRI ArcMap, позволяющий в максимально возможной степени сохранить структуру, данные и условные обозначения проекта. Для работы с электронной картой недропользования конечному пользователю не требуется устанавливать никакого специального программного обеспечения. Достаточно иметь подключение к Интернету и любой современный браузер. Электронная карта работает с приемлемой скоростью даже на устаревших компьютерах. Возможно также использование на планшетных компьютерах.

*История создания и развития электронной карты.* Первый вариант интерактивной электронной карты создан в 2006 г. и показан на выставке «Инновационные технологии в ТЭК» в рамках X Санкт-Петербургского международного экономического форума. В то время на карте были показаны только месторождения, лицензии и бассейны углеводородного сырья России. В 2008–2009 гг. интерактивная электронная карта была доработана по заказу Управления геологических основ, науки и информатики Роснедра. В этот период были добавлены и обновлены данные о месторождениях твердых полезных ископаемых и инфраструктуре минерально-сырьевого комплекса РФ.

С 2011 г. интерактивная электронная карта используется в качестве средства представления материалов сводной цифровой геолого-картографической основы России. В 2012 г. начата опытная эксплуатация, в настоящее время зарегистрировано более 150 пользователей. Это руководители и специалисты центрального аппарата и территориальных органов Роснедра, территориальных фондов геологической информации, а также отраслевых институтов. Основная цель опытной эксплуатации — предоставить заинтересованным руководителям и специалистам отрасли доступ к необходимым данным, собрать и учесть возникающие в процессе работы пожелания и замечания.

*Основные возможности и способы использования электронной карты.* Общий вид пользовательского интерфейса электронной карты представлен на рис. 1\*. В левой части находятся панели выбора карты (выбрана карта административного деления), территории (выбрана вся Россия), а также панель слоев и условных обозначений, отражающая информационный состав и легенду текущей карты. Справа отображается карта для выбранной территории. В верхней правой части окна электронной карты расположена панель управления со стандартными кнопками перемещения окна просмотра по карте, увеличения и уменьшения масштаба, получения сведений по объектам и поиска.

На некоторых специальных возможностях электронной карты остановимся подробнее. Для выбора другой карты и территории достаточно щелкнуть мышкой на нужных строчках соответствующих панелей. На рис. 2 в качестве примера приведена геологическая карта Астраханской области. Для поиска нужного объекта (или объектов) по атрибутивным данным достаточно ввести нужный текст в поле поиска. При необходимости можно от-

\* Рис. 1–5 см. цветную вкладку.

раничить область поиска выбранной картой и территорией (рис. 3). По мере ввода текста электронная карта показывает поисковые подсказки (рис. 4). Атрибуты найденного объекта (или объектов) отображаются в таблице, из которой можно перейти к показу объекта на карте с помощью клика мыши (рис. 5).

Кроме перечисленного выше, электронная карта имеет дополнительные функции комбинирования слоев из различных карт для составления новой карты с произвольным набором слоев, изменения проекции и формирования статистических отчетов. Эти возможности предназначены для опытных пользователей и выходят за рамки данной статьи.

*Дополнительные источники информации и режим ее обновления.* Помимо информации ГИС-Атласа России, на электронную карту выводятся данные из следующих источников:

государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации (ФГУНПП «Росгеолфонд»), ежегодно;

государственный реестр работ по геологическому изучению недр (ФГУНПП «Росгеолфонд»), ежеквартально;

АС «Минерал-Финансы» (ФГУНПП «Аэрогеология»), ежеквартально.

Взаимодействие электронной карты с такими информационными системами, как Автоматизированная система лицензирования недропользования (ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем») и «Недра» (ФГУНПП «Росгеолфонд»), пока в процессе согласования.

*Планы развития электронной карты.* В 2012 г. планируется обновить практически всю имеющуюся

информацию по состоянию на 01.01.2012, подвести первые итоги опытной эксплуатации и разработать англоязычный вариант электронной карты. Предстоит большая работа по перекрестной проверке и сбивке сведений из различных источников, подготовке согласованных вариантов карт и атрибутивных данных. В первую очередь, это касается координат месторождений и объектов ГРР, выполняемых за счет средств федерального бюджета.

Сейчас имеются конкретные планы по улучшению эргономики пользовательского интерфейса, оптимизации условных обозначений для относительно сложных карт, таких как геологическая, минерагенического районирования, перспективных площадей и др.

Наконец, в наших планах — разработка механизма обратной связи с пользователями непосредственно через онлайн-интерфейс, для того чтобы эксперты могли высказать свое мнение разработчикам о привязке к конкретным объектам и сведениям прямо на карте.

Благодарим за внимание к нашей работе и результатам. Если вы уже пользуетесь электронной картой, то будем рады получить предложения и замечания технического характера. Вместе с вами можно сделать электронную карту лучше и удобнее. Если же вас интересует возможность доступа к электронной карте, то обращаться следует к заказчику работ — в Управление геологических основ, науки и информатики Роснедра. Контакты см. на сайте [www.rosnedra.com](http://www.rosnedra.com).



# ДИСКУССИИ

УДК 552.51

© Б.Е.Милецкий, 2012

## ГЛАУКОНИТОВЫЕ ПЕСКИ — ПРЕДПОЛАГАЕМАЯ МЕТАЛЛУРОДНАЯ ФОРМАЦИЯ

**Б.Е.Милецкий (Компания «Geoservices Limited», Израиль)**

*Предполагается, что в природной среде, в условиях пространственного совмещения глауконита с минерализованной субстанцией при осадконакоплении in situ и диагенезе, глауконит как мощный природный сорбент и обладатель уникальных ионообменных свойств может «перезагружаться» в рудообразующие минералы, а залежи глауконитовых песков — в рудопроявления тяжелых металлов как резерв рудного потенциала региона. Предлагается использовать глауконит в качестве альтернативы кислотного и бактериального выщелачивания для извлечения тонкодисперсного свободного негравитационного золота, а также других ценных промышленных металлов из убогих и упорных руд и из рудных шламов без прямого цианирования рудной массы методом прямого «глауконитового выщелачивания».*

*Ключевые слова: глауконит, сорбция, глауконитовая рудная формация, «глауконитовое выщелачивание».*

*Милецкий Борис Ефимович, [borismil@smile.net.il](mailto:borismil@smile.net.il)*

## GLAUCONITIC SANDS — SUGGESTED METALLOGENIC FORMATION

**B.Ye.Miletsky**

*It is suggested that in the natural conditions, under spacial cositing of glauconite with the mineralised substance, in the situation of sedimentation accumulation in situ and diagenesis, glauconite, acting as a powerful natural adsorbent, having unique ionic exchange properties, may «transform» into ore-bearing minerals, and depositions of glauconic sands - into ore occurrences of heavy metals as a reserve of regional ore potential. It is proposed to use glauconite as an alternative to acid or bacterial leaching for recovery of fine free non-gravitational gold, as well as other valuable commercial minerals from poor and refractory ores and ore slurry without direct cyanidation of ore material by direct «glauconic leaching».*

*Key words: glauconite, sorption, glauconic ore formation, glauconic leaching.*

Глауконит, как известно, — минерал многопрофильного промышленного использования. Он обладает большой активной поверхностью, исключительными ионообменными свойствами, экологически безопасен, эффективно применяется в современных технологиях в качестве сорбента тяжелых металлов и радионуклидов для решения задач инженерной геоэкологии гражданского и военного назначения.

Глауконит — минерал переменного состава. Кроме постоянных компонентов (Si, Al, Fe, K, Mg, Ca, P), он может содержать >20 микроэлементов (Cu, Ag, Ni, Co, Zn, Mo, As, Cd и др). Таким образом, можно сказать, что по своей природной конструкции — это многометалльный геоматериал. Все указанные элементы находятся в легко извлекаемой форме сменных катионов, которые могут замещаться элементами из окружающей среды. При этом глауконит обладает способностью избирательного поглощения катионов и долгоживущих радиоизотопов. Самопроизвольное формирование состава (редкое свойство субъектов неживой природы) поз-

воляет отнести этот минерал к так называемым в последнее время «умным» минералам. Минералоги именуют его «интеллектуальным» цеолитом.

В справочной материале, размещенном в Интернете на сайте ООО «Глауконит», указывается, что ионообменная способность глауконита 0,1–0,4 моль/кг, удельная активная адсорбционная поверхность 120–169 м<sup>2</sup>, емкость катионного обмена концентрата изменяется от 390 до 550 мг/экв на 1 кг навески, а предельная поглотительная способность по отношению к тяжелым металлам может достигать значений, при которых в 100%-ном концентрате глауконита содержание, например Cu 2,48, Ni 1,0, Zn 2,68%. В то же время для глауконита характерен низкий процент десорбции тяжелых металлов.

Глауконит — один из наиболее широко распространенных промышленных минералов. Глауконитовые пески (кварцево-глауконитовые и глауконито-кварцевые пески и песчаники) во многих регионах мира занимают обширные площади преимуще-

ственно в мезокайнозойских разрезах. Содержание глауконита в песках чаще всего составляет не более 10–15%, но во многих регионах известны залежи глауконитовых песков с содержанием глауконита до 50–60% и более. Глауконитовые пески просто и дешево перерабатываются электромагнитной сепарацией в 70–80%-ный концентрат.

В русскоязычной научной и справочной литературе, а также на сайтах Интернета содержится большой объем информации об использовании глауконита в самых различных отраслях. Значительная часть этих публикаций характеризует высокий уровень научных исследований и практических результатов геоэкологов, рекомендующих использование глауконитовых концентратов для реабилитации грунтов и почв в связи с техногенной перегрузкой тяжелыми металлами. При этом нельзя не заметить, что результаты, полученные в современных техногенных процессах, не вызывают отклика научных геологических организаций на проблему воздействия глауконита на минерализованные объекты в природных условиях. Можно привести лишь считанные примеры заинтересованного подхода геологов и геотехнологов к процессу преобразования глауконита в природных условиях в носителя ценных металлов с большой атомной массой и возможной десорбции этих металлов.

Н.Г.Патык-Кара, Е.А.Андрианова, В.Т.Дубинчук, М.Л.Левченко, как мною ранее упоминалось [1], при исследовании глауконитов из верхнемеловой осадочной формации фосфат-глауконит-кварцевых слабозолотоносных (содержат свободное тонкое золото до 300 мг/м<sup>3</sup>) песков центра европейской части России методами электронной микроскопии (СЭМ и ПЭМ) выявили необычную минеральную ассоциацию — налипание тонкодисперсных частиц золота на поверхности глобул глауконита [3]. Таким образом, российскими учеными впервые установлено и продемонстрировано, что при определенных условиях глауконит как природный сорбент может быть носителем золота. Не менее интересно аномально высокое содержание мышьяка в изученных глауконитовых песках. Мышьяк был зафиксирован в основном в виде новообразований (наростов или сплошных скоплений на поверхности зерен) в монофракциях глауконита, его содержание составило 8–11%. Аномалии мышьяка первоначально считали результатом глубинных эксгальций по зонам повышенной проницаемости. Но в итоге определили, что источником служат химикаты (пестициды и гербициды), внесенные в почву на пахотных землях в районе Тамбовской области. Тамбовские земледельцы провели по существу интересный не декларированный

научный эксперимент. As-содержащие химикаты находились в зоне взаимодействия с глауконитовыми песками, и за ничтожный в геологическом понимании срок масса глауконита песков превратилась в мышьяковую руду. Этот опыт демонстрирует глауконит уже не только в качестве минерала железа и калия, содержание которых достигает промышленного, но и как возможный техногенный прототип природного разнометального рудообразующего минерала (в данном случае «арсеноглауконита»), а залежь песков с аномально высоким содержанием As — в качестве техногенного прототипа месторождения тяжелых металлов глауконитовой формации.

Благоприятными условиями для их формирования могло быть размещение глауконитовых песков в рудных районах, где проявились наложенные процессы от воздействия глубинных металлоносных флюидов и эксгальций, а также пространственное совмещение песков с минерализованным объектом, который мог служить мишенью для адсорбционной экспансии глауконита. В принципе, крупные и богатые, легкодоступные залежи глауконитовых песков с учетом их цветовой гаммы (аутигенный глауконит, сохранившийся *in situ*, или перемещенный и изменивший катионный набор металлов в процессе диагенеза) должны найти свое место не только на карте прогноза нерудного сырья, но и на обзорном планшете предполагаемых металлорудных месторождений глауконитовой формации региона, в частности, как региональный резервный фонд.

Отдельно следует отметить упоминавшуюся верхнемеловую глауконит-кварцевую фосфатоносную формацию, где конструкция фосфорит-глауконит-золото обретает в ряде регионов России и Украины реальные черты. В отложениях этой формации, широко развитой на Восточно-Европейской платформе, располагаются несколько крупных бассейнов фосфоритов платформенного типа. Большой интерес, в частности, представляют выявленные содержания золота в желваковых фосфоритах в районе Воронежской антеклизы. Однако, изучая сорбированные фосфоритами малые элементы и их генетическую природу, исследователи по каким-то причинам не замечают, что фосфориты здесь, как и в других районах, довольно тесно сгружены в глауконитовой среде, и глауконит с его мощными сорбционными способностями мог бы даже «перехватить» наиболее важную информацию, а может быть, и новые открытия. Фактически второй компонент продуктивного горизонта — глауконитовые пески — остается за пределами внимания, как и прежде при разведке месторождений платформенных фосфоритов, значительная часть которой выполнялась в середине прошлого века. Учитывая

пространственное и генетическое совмещение фосфорита и глауконита — минералов с высокой способностью к концентрации ценных промышленных металлов, возникает целесообразность выборочного доизучения на некоторых месторождениях глауконитовых концентратов из песчаных отложений фосфоритовой серии.

Реальность прогноза промышленной металлоносности глауконитов могут во многом прояснить простые и малозатратные работы — изучение размещения в известном рудном районе площадей развития глауконитовых песков относительно возможных источников ценных тяжелых металлов и их выборочное опробование. Небезынтересно было бы провести простейшие лабораторные геохимические опыты применительно к конкретным условиям геологического объекта.

Данный прогноз является новой моделью на основе техногенного прототипа. Ранее была предложена модель золотоносности техногенного шлама, получаемого при переработке калийных солей, содержащих благородные металлы с природным элювием соляных куполов [3]. Предлагаемая модель металлоносности глауконита, опирающаяся на особые свойства минерала, определяет залежи кварцево-глауконитовых песков *in situ* в рудном районе или пространственно совмещенные с минерализованным субстратом как возможные конкурентоспособные металлорудные месторождения глауконитовой формации резервного фонда МСБ. Предполагается, что наиболее интересные результаты с учетом данной модели могут быть получены при изучении глауконитовых горизонтов в зонах контакта с отложениями коры выветривания месторождений благородных и редких металлов, никеля, кобальта и продуктивных платформенных

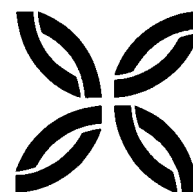
фосфоритовых серий верхнемеловой песчаной формации.

В заключение отметим, опыт экологов в использовании глауконита позволяет предположить, что перечень применения этого минерала в современных технологических процессах может пополниться еще одним, в данном случае горно-геологическим, профилем. Его концептуальное содержание: «Глауконитовое выщелачивание» в водной (увлажненной) среде на основе уникальных свойств минерала глауконита как возможная альтернатива бактериального и кислотного (чанового, кучного) выщелачивания из упорных руд свободного тонкодисперсного золота и других ценных промышленных металлов без прямого цианирования, а также использование глауконита для извлечения металлов из техногенных шламов. Имеется в виду, что природные свойства десорбции «умного» глауконита современной технологией могут быть целенаправленно деформированы до необходимых уровня извлечения металлов и скорости процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Милецкий Б.Е. Массовые поиски слабо проявленных объектов золота // Разведка и охрана недр. 2011. № 12. С. 16–19.
2. Милецкий Б.Е. Прогноз на основе техногенного прототипа: Прикаспийский осадочный бассейн благородных металлов галогенной формации // Руды и металлы. 2011. № 3–4. С. 120–121.
3. Патык-Кара Н.Г., Андрианова Е.А., Дубинчук В.Т., Левченко М.Л. Состав и элементы-примеси глауконитов верхнемеловой формации центральных районов России // Роль минералогии в познании процессов рудообразования. Мат-лы годичной сессии МО РМО, посвященной 110-летию со дня рождения А.Г.Бетехина. М., 2007. С. 74–78.

# ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



15 июня 2012 г. исполнилось 75 лет ведущему научному сотруднику отдела обогащения минерального сырья ЦНИГРИ, кандидату технических наук **Виктории Петровне Ивановской**.

В.П.Ивановская работает в ЦНИГРИ с 1960 г. Является высококвалифицированным специалистом в области обогащения и гидрометаллургической переработки руд алмазов, цветных и благородных металлов. Более 50 лет активной и плодотворной деятельности она посвятила разработке технологий обогащения руд месторождений России, стран ближнего и дальнего зарубежья. В рамках государственных комплексных программ изучения нетрадиционных минеральных ресурсов дна Мирового океана при ее непосредственном участии созданы высокоэффективные технологии переработки новых видов минерального сырья — железомарганцевых конкреций и глубоко-

водных полиметаллических сульфидов. Результаты исследований использованы при составлении ТЭО промышленного значения месторождений.

В.П.Ивановская — автор более 150 публикаций, имеет 10 изобретений.

За достижения в области обогащения минерального сырья награждена орденом Трудового Красного Знамени, знаком «Отличник разведки недр», медалями, Почетными грамотами.

В.П.Ивановская — эксперт ГКЗ России, член секции Ученого совета ЦНИГРИ. Она уделяет большое внимание воспитанию молодых специалистов, пользуется уважением и любовью в коллективе.

Поздравляем Викторию Петровну с юбилеем, желаем здоровья, счастья, благополучия, творческих успехов в работе и личной жизни.

*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

12 июня 2012 г. исполнилось 75 лет заведующему сектором оптимизации технико-экономической оценки месторождений, рудных узлов и районов ЦНИГРИ, кандидату геолого-минералогических наук **Игорю Алексеевичу Карпенко**.

И.А.Карпенко в 1961–1970 гг. работал в Сосновской экспедиции Первого Главного геологоразведочного управления Мингео СССР (ПГТУ), в 1971–1975 гг. — в аппарате управления, в 1976–1991 гг. был заместителем начальника отдела металлов в ГКЗ СССР, с 1992 г. по настоящее время работает в ЦНИГРИ.

Участвовал в разведке с подсчетом запасов на урановых месторождениях России. Все разведанные месторождения вовлечены в промышленное освоение.

Курировал геологоразведочные работы на уран в Узбекистане и Казахстане, осуществлял методическое руководство разведочными работами на урановых месторождениях СССР. Сейчас эти месторождения вовлечены в промышленное освоение, обеспечивая урановой продукцией предприятия Росатома России.

В ГКЗ СССР осуществлял экспертизу подсчета запасов и подготовку их к утверждению по более 200 месторождениям черных, цветных, редких, радиоактивных и благородных металлов. Накопленный за период работы в ГКЗ СССР опыт обобщен И.А.Карпенко в книге «Экспертиза подсчетов запасов рудных месторождений» (1988), подготовленной совместно с В.А.Викентьевым и М.В.Шумилиным.

За период работы в ЦНИГРИ реализовал ряд научно-исследовательских и методических работ по комплексной геолого-экономической оценке регионов, рудных районов и месторождений. Им осуществлена геолого-экономическая оценка свинцово-цинковых месторождений Озерное и Холоднинское, месторождения алмазов кимберлитового типа им. В.Гриба в Архангельской области. По Воронцовскому месторождению золота разработаны кондиции для подсчета запасов различных типов руд. На основе технико-экономических обоснований и рекомендаций, предложенных И.А.Карпенко, в промышленное освоение вовлечены золоторудные месторождения Барун-Холбинское и Кедровское в Республике Бурятия, Кировское в Оренбургской области (к настоящему времени отработано). В Республике Саха (Якутия) проведена геолого-экономическая оценка месторождения золота Кючюс, в Красноярском крае — россыпной алмазности Попигайского алмазного района.

Под руководством И.А.Карпенко выполнена комплексная геологическая, технико-технологическая и экономическая переоценка месторождения Сухой Лог. Разработаны условия недропользования, утверждены и поставлены на государственный баланс запасы месторождения по новым кондициям в новых геологических границах.

В 2010–2011 гг. выполнена геолого-экономическая оценка крупного медно-порфирового месторождения Песчанка, золоторудного месторождения Клен (Чукотка), свинцово-цинкового месторождения Сардана (Якутия) и ряда других объектов; запасы по оцененным месторождениям поставлены на государственный баланс.

Научно-исследовательские методические и прикладные работы, проведенные И.А.Карпенко, актуальны, имеют большое практическое значение, востребованы как со стороны государственных организаций, так и предпринимательских. Им опубликовано около 30 статей, посвященных проблемам переоценки и улучшения минерально-сырьевой базы рудных месторождений, выпущено более 20 отчетов.

И.А.Карпенко неоднократно поощрялся грамотами, четырежды награжден знаком «Отличник разведки недр», удостоен звания Почетного геолога, награжден медалями «За трудовое отличие», орденом Трудового Красного Знамени.

Поздравляем Игоря Алексеевича с юбилеем, желаем здоровья, творческих успехов в деле укрепления минерально-сырьевой базы России.



*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*



14 мая исполнилось 75 лет кандидату геолого-минералогических наук, ведущему научному сотруднику отдела металлогении и прогноза месторождений цветных и благородных металлов ЦНИГРИ **Владимиру Ильичу Кочневу-Первухову**.

В.И.Кочнев-Первухов работает в ЦНИГРИ с 1972 г. Изучает мафит-ультрамафитовый магматизм и медно-никелевые месторождения в целях создания научных основ прогноза, поисков и оценки месторождений никеля и элементов платиновой группы Норильского района, Кольского полуострова, Карелии, Архангельской области, Корякского нагорья и Аляски. Им созданы модели месторождений Норильского и Печенгского геолого-экономических районов, Каменноозерского рудного района, разнотипных расслоенных платиноносных мафит-ультрамафитовых комплексов, а также россыпеобразующих массивов и их групп, в том числе Платиноносного пояса Урала и Корякии.

В.И.Кочнев-Первухов внес существенный вклад в разработку основ прогноза и рекомендаций по укреплению сырьевой базы платинометалльных и сульфидных медно-никелевых месторождений. Им лично и в соавторстве подготовлено геологическое обоснование глубинных поисков в пределах Печенгской никеленосной структуры, на многие годы определившее направление и методику проведения геологоразведочных работ в этом важном горнорудном регионе страны. Созданы карты никеленосности СССР (1985 г.) и платиноносности России (2001 г.), которые оказали большое влияние на проведение поисковых и прогнозно-поисковых работ на никель и платиноиды. Он — один из составителей и разработчиков методических руководств и рекомендаций по прогнозу и поискам сульфидных медно-никелевых месторождений, а также государственных стратегических программ геологического изучения, воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы России на период до 2010 и до 2020 гг.

В настоящее время В.И.Кочнев-Первухов разрабатывает Минерагенический (металлогенический) кодекс, систему определения сырьевых и региональных приоритетов основных регионов РФ, участвует в подготовке программно-целевых мероприятий по выявлению альтернативных МСБ.

В.И.Кочневым-Первуховым опубликованы более 120 статей и три монографии. Его заслуги перед отечественной геологией отмечены правительственными и отраслевыми наградами, знаком «Отличник разведки недр». Он дважды — лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники.

Поздравляем Владимира Ильича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, благополучия, дальнейших творческих успехов.

*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

11 мая 2012 г. исполнилось 80 лет кандидату геолого-минералогических наук, старейшему сотруднику отдела геологии, методов поиска и экономики месторождений алмазов ЦНИГРИ **Ире Леопольдовне Шофман**.

И.Л.Шофман после окончания географического факультета МГУ по специальности геоморфология работала в Амакинской экспедиции ЯТГУ (1955–1959 гг.), затем в ЦНИГРИ (1959–1996 гг.). Основным объектом ее исследований был Ленский золотоносный район, для которого ею установлены закономерности накопления мезокайнозойских осадков, обоснованы их стратиграфия и пространственное размещение россыпей золота. В 1970–1996 гг., работая в отделе геологии месторождений алмазов, И.Л.Шофман изучала разнотипные россыпные алмазные



районы Сибирской платформы, разработала морфоструктурные и стратиграфические критерии их выделения. Это позволило обосновать наличие новых площадей, перспективных на россыпную алмазность, и дать их прогнозную оценку для Западной Якутии. Наиболее важным результатом работ этого периода были выделение нового типа россыпей карстовых воронок, разработка методов их поисков. Данной проблеме посвящены две монографии группы исследователей — «Древний карст и его россыпная минерация» (1985 г.) и «Древний рудоносный карст» (1988 г.), в написании которых она приняла активное участие. С 1985 г. начинается новый этап исследований, связанный с поисками месторождений алмазов в условиях развития ледниковых отложений на Восточно-Европейской платформе, главным образом в Архангельской области. Была разработана морфоструктурная модель Зимнебережного кимберлитового поля, показаны признаки локализации алмазных трубок.

И.Л.Шофман — высококвалифицированный специалист в области стратиграфии и палеогеографии россыпеобразующих формаций, морфоструктурного районирования, автор более сотни научных работ. В составе коллектива исследователей получила авторское свидетельство на изобретение, нацеленное на совершенствование методических подходов к поискам алмазных месторождений.

Трудолюбие, принципиальность, преданность любимому делу, высокая требовательность к качеству выполняемой работы, высокий профессионализм всегда отличали Иру Леопольдовну Шофман.

Сердечно поздравляем Иру Леопольдовну с юбилеем, от всей души желаем крепкого здоровья, долголетия, сохранения доброты и силы духа.

*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*



### Требования к авторам статей

1. Рукопись статьи подготавливается в соответствии с образцом оформления и представляется с установленными сопровождающими документами: письмом (разрешением на опубликование) руководителя учреждения и экспертным заключением о возможности публикации в открытой печати. В конце статьи ставятся подписи всех авторов.

2. К статье прилагается справка об авторе (авторах), в которой указываются фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность, место работы, адрес для переписки (почтовый), телефон, e-mail каждого автора.

3. Объем статьи — 15 страниц, включая таблицы и список литературы. Поля страницы — сверху и снизу по 2 см, справа 1 см, слева 3 см. Все страницы рукописи нумеруются. В редакцию представляются два варианта — распечатка с принтера и электронный вариант в Text format (\*.rtf), (\*.doc) с использованием шрифта Times New Roman (размер 12, полуторный межстрочный интервал). Текст, таблицы, рисунки помещаются в отдельные файлы. Таблицы должны иметь названия, набираются без сокращения слов (размер 10, один межстрочный интервал). Возможна передача статей по электронной почте: [isnigri@isnigri.ru](mailto:isnigri@isnigri.ru) с пометкой для журнала «Руды и металлы».

4. Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 3.0.

5. Список литературы приводится в конце статьи с нумерацией источников по алфавиту. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник приводятся соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не включаются неопубликованные работы. Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице после списка литературы.

6. Рисунки и другие графические материалы (черно-белые, не более 5) прилагаются в печатном и электронном вариантах. На обратной стороне распечатки каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формат страницы журнала (23×16). Цифры и буквы в условных обозначениях, вынесенных за пределы рисунка, даются курсивным шрифтом. Текстовые и цифровые надписи на рисунках набираются на компьютере (шрифт 8), толщина линий рисунка — не менее 0,2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: TIFF — только для фото (\*.tif), Corel Draw (\*.cdr), Диаграмма Microsoft Excel (\*.xls). Графика должна быть связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.

8. Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать название статьи, текст, рисунки.

9. В целях облегчения редактирования статей редколлегия просит авторов использовать термины и понятия в значениях, отраженных в следующих изданиях:

Толковый словарь английских геологических терминов. Пер. с англ. / Под ред. Н.В.Межеловского. — М.: Геокарт, 2002.

Российский металлогенический словарь / Под ред. А.И.Кривцова. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2003.

Термины и понятия, используемые при прогнозно-металлогенических исследованиях / Под ред. А.И.Кривцова, В.М.Терентьева. — СПб.: ВСЕГЕИ, 1991.

Главный редактор,  
доктор геол.-минер. наук,  
профессор

И.Ф.Мигачев