

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



6/1997

ISSN 0869-5997

1992

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ

1997

Минуло пять лет со дня выхода в свет первого номера журнала "Руды и металлы". Все это время мы стремились следовать избранному принципу объединения в одном издании различных направлений изучения месторождений рудных полезных ископаемых, от теоретических до сугубо прикладных, не ограниченных рамками какой-либо отрасли наук о Земле.

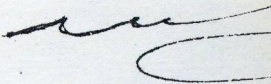
"Руды и металлы" ныне представляют собой научно-технический многопрофильный журнал с ярко выраженной прикладной направленностью, нашедший свою особую позицию в общей информационной системе геологических и смежных наук. Последнее обстоятельство подтверждается постоянно растущим числом российских и зарубежных авторов, а также всегда полным "редакционным портфолио". Журнал старается оперативно реагировать на новые проблемы путем введения соответствующих рубрик, также предоставляет возможность для публикации наиболее важным научным направлениям.

Несомненно, становление и развитие журнала возможно без целенаправленной и энергичной помощи его редакционной коллегии и редакций смежных журналов.

Мы с оптимизмом смотрим в будущее и надеемся на дальнейшее широкое сотрудничество.

Поздравляю с пятилетием журнала "Руды и металлы" редакцию, подписчиков и читателей.

Главный редактор



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



Научно-технический журнал

Выходит 6 раз в год

Основан в 1992 году

ISSN 0869-5997

6/1997

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И. Ф. МИГАЧЕВ

Б. И. БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э. К. БУРЕНКОВ
В. И. ВАГАНОВ
В. И. ВОРОБЬЕВ
П. А. ИГНАТОВ
С. С. КАЛЬНИЧЕНКО
М. М. КОНСТАНТИНОВ
А. И. КРИВЦОВ (зам. главного редактора)
Н. К. КУРБАНОВ
Г. А. МАШКОВЦЕВ
В. М. МИНАКОВ
Н. И. НАЗАРОВА (зам. главного редактора)
Г. В. ОСТРОУМОВ
В. М. ПИТЕРСКИЙ
В. И. ПЯТНИЦКИЙ
Г. В. РУЧКИН
Ю. Г. САФОНОВ
А. Э. СЕДЕЛЬНИКОВА (отв. секретарь)
Г. В. СЕДЕЛЬНИКОВА
В. И. СТАРОСТИН
И. А. ЧИЖОВА
Ю. М. ЩЕПОТЬЕВ

Учредитель

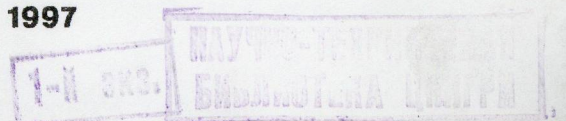
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
(ЦНИГРИ)

Издается при участии

Международной Академии минеральных ресурсов,

фонда им. академика В.И.Смирнова

Москва ЦНИГРИ 1997





ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ОПЕРАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ЦНИГРИ проводит оперативную технологическую оценку золотосодержащих руд, песков и техногенного сырья с выполнением следующего комплекса исследований:

- спектральный полуколичественный, полный химический, пробирный и минералогический анализы исходного сырья;
- фазовые анализы благородных металлов в исходном сырье и технологических продуктах;
- определение показателей измельчаемости руд;
- разработка технологии (вариантов технологий) извлечения золота и других полезных компонентов из руд и песков;
- оценка качества продуктов обогащения с рекомендациями по дальнейшей переработке.

В процессе проведения технологических исследований используются методы:

- гравитационного обогащения;

- центробежной и магнитной сепарации;
- флотации;
- цианирования;
- бактериального выщелачивания;
- кучного выщелачивания и др.

При небольших сроках выполнения работ (2—3 месяца) обеспечивается изучение вещественного состава и комплексная технологическая оценка сырья по нескольким вариантам схем переработки с получением технологических показателей и параметров, необходимых для составления технологических регламентов, выполнения технико-экономических расчетов и проектных работ.

Особое внимание уделяется разработке экологически безопасных безреагентных схем глубокого гравитационного обогащения на основе применения современного отечественного и зарубежного оборудования.

R-9.15

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 113-59-54
Факс: (095) 313-18-18
E-mail: geolmos@tsnigri.msk.ru

© Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 1997

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Журналу «Руды и металлы» 5 лет	5	Fifth anniversary of «Ores and Metals»
Прикладная металлогения		Applied Metallogeny
<i>Углов Б.Д., Миронов Ю.В., Зорина Ю.Г., Былинский Е.Н., Емельянов А.А.</i> Металлогенический потенциал дна Мирового океана в зонах Анголо-Бразильского и Маскаренско-Австралийского геотраверзов	10	<i>Uglov B.D., Mironov Yu.V., Zorina Yu.G., Bylinsky Ye.N., Yemelyanov A.A.</i> Metallogenic potential of World ocean floor within the Angola-Brazilian and Mascarene-Australian geotrasects
<i>Чайкин В.Г., Глебашев С.Г., Закирова Ф.А., Месхи А.М., Шевелев А.И.</i> Металлогения Вятской зоны Восточно-Европейской платформы	17	<i>Chaikin V.G., Glebashev S.G., Zakirova F.A., Meskhi A.M., Shevelev A.I.</i> Metallogeny of the Vyatskaya zone in the East European platform
<i>Ковалев С.Г., Сначев В.И., Высоцкий И.В., Рыкус М.В.</i> О новом типе благороднометальной минерализации на западном склоне Южного Урала	27	<i>Kovalev S.G., Snachev V.I., Vysotsky I.V., Rykus M.V.</i> On a new type of precious metal mineralization in the western slope of the South Urals
Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений		Methods and Methodology of Prediction, Prospecting, Evaluation and Exploration of Mineral Deposits
<i>Патык-Кара Н.Г., Бардеева Е.Г.</i> Метод актуализма при реконструкции локальных обстановок формирования титан-циркониевых россыпей	34	<i>Patyk-Kara N.G., Bardeyeva Ye.G.</i> Method of actualism in local environment reconstructions for titanium-zirconium placers formation
Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ		Equipment and Technologies for Geological Prospecting
<i>Никитина Л.П., Мандругин А.В.</i> Атомно-абсорбционное определение золота и серебра в сурьмяных рудах и продуктах их переработки	75	<i>Nikitina L.P., Mandrugina A.V.</i> Atomic-absorption determination of gold and silver in Sb-containing ores and processing products
<i>Бао Яньнань, В.Т. Дубинчук, В.В. Ружицкий</i> Нетрадиционные кристаллические нитевидные формы алмазов	50	<i>Bao Yangnang, Dubinchuk V.T., Ruzhitsky V.V.</i> Non-traditional filiform crystal habits of diamonds
<i>Хорев В.А.</i> Современные тенденции в совершенствовании взрывных материалов для геологоразведочных работ	56	<i>Khorev V.A.</i> Present-day tendencies in updating explosives designed for use in geological prospecting
Дискуссии		Discussions
<i>Игнатов П.А., Штейн Я.И.</i> Типы локальных структур, контролирующих кимберлиты центральной Якутии	61	<i>Ignatov P.A., Shtein Ya.I.</i> Types of local structures controlling Central Yakutian kimberlites

Хроника

О целевой программе по оценке минерагенического потенциала чехла Русской платформы

67

XI Международное Собрание по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. 15–20 сентября 1997 г., Москва–Дубна

68

Поздравляем с юбилеем

72

Из редакционной почты

К пятилетию журнала

73

Chronicle

On the special program of estimation of mineragenetic potential of the Russian platform cover

«Geology of placers and mineral deposits in crusts of weathering»: XIth International Conference, September 15–20, 1997, Moscow–Dubna

Congratulations

Letters

Fifth anniversary of our journal

Журналу «Руды и металлы» 5 лет

Пять лет существования журнала — это достаточно отрезок времени, позволяющий проанализировать некоторые аспекты его деятельности.

За время существования журнала было опубликовано 455 статей, из них в очередных выпусках 260 статей (распределение их по рубрикам приведено в таблице 1) и в спецвыпусках — 195 статей (научных — 29 статей и 85 тезисов докладов, мемуарных — 81 статья).

1. Распределение статей в рубриках журнала «Руды и металлы» по годам

Рубрики	1992— 1993 гг.	1994 г.	1995 г.	1996 г.	1997 г.	Всего	%
Статьи вне рубрик	2	1	—	1	3	7	2
I. Прикладная металлогения	11	8	10	8	10	47	18
II. Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений	11	3	17	7	14	52	20
III. Строение рудных месторождений	14	6	15	7	8	50	20
IV. Модели рудных месторождений	—	15	2	—	—	17	7
V. Геолого-экономическая оценка месторождений. Экономика	—	—	6	—	1	7	2
VI. Комплексное использование минерального сырья	6	1	7	3	2	19	8
VII. Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ	4	—	9	5	5	23	9
VIII. Недрa и экология	1	1	3	—	1	6	2
IX. Дискуссии. Из редакционной почты	—	2	3	2	5	12	4
X. Хроника. Новости, информация	1	3	7	3	4	18	7
XI. История геологических исследований	—	1	1	—	—	2	1
Итого	50	41	80	36	53	260	100

Рассматривая статьи, представленные для публикации, редколлегия отдавала предпочтение работам, посвященным проблемам прикладной металлогении, прогноза и оценки месторождений, строения рудных полей и месторождений, в том числе новых перспективных объектов. Ко второй группе приоритетных направлений были отнесены исследования по формированию моделей рудообразующих систем и рудных объектов, по методике поисков и разведки, по комплексному использованию минерального сырья и аппаратурно-техническим средствам и технологиям геологоразведочных работ.

Достаточно быстро сформировался профиль журнала: на протяжении всех пяти лет явными лидерами по числу публикаций были и остаются I, II и III рубрики (около 60 % всех статей). Количество статей из IV, VI и VII рубрик составило 24 % от всех опубликованных работ. Рубрики V, VIII, IX были введены в разное время для публикаций по новым актуальным проблемам и их обсуждения.

Более половины всех статей (52 %), опубликованных за пять лет, представлены авторами из научно-исследовательских институтов, треть (28 %) — из государственных геологических предприятий и акционерных компаний, остальные (16 %) — из вузов (табл. 2). Небольшое количество публикаций представлено организациями из смежных отраслей (Департамент речного транспорта, Механобр и др.). Большинство статей написано авторами

2. Долевое участие организаций различного профиля, представивших статьи для публикации в журнале "Руды и металлы"

Профиль организаций	Число	%
Учебные:		
Вузы России	9	12
Вузы СНГ	3	4
Научные:		
Институты Российской академии наук	16	21
Институты академий наук СНГ	6	8
Институты МПР России	17	23
Производственные:		
Государственные геологические предприятия РФ	12	16
Государственные геологические предприятия СНГ	2	3
Акционерные компании	7	9
Прочие	3	4
Всего	75	100

из России (81 %). Число авторов из стран СНГ и дальнего зарубежья хотя и мало, но растет год от года.

Практически каждый год в журнале публиковались статьи вне рубрик, которые касались методологии металлогенического анализа, федеральных минерально-сырьевых программ в современном правовом и экономическом пространстве России (стартовый-92, № 2/94, № 4/97), а также общих проблем рационального использования недр (№ 6/96), районирования территории России по стоимостным показателям минерально-сырьевой базы алмазов, благородных и цветных металлов (№ 1/97).

В рубрике «Прикладная металлогения» главной темой опубликованных статей было образование руд в различных геотектонических обстановках и формационных комплексах. Рассмотрено формирование золотых (№ 1—2, 3—6/93, № 1—3, 5, 6/95; № 1, 3, 5, /97), золото-серебряных (№ 4/95, № 1/96), алмазных (№ 1—2/93; № 2/96), платинометаллических (№ 2/93, № 2/97), медноколчеданных (№ 3—5/94, № 6/97), полиметаллических (№ 3—5/94, № 2/94), оловянных и вольфрамовых (№ 3/97), редкометаллических (№ 1/96, № 2/97), урановых (№ 3—6/97, № 5/97), марганцевых (№ 3—5/94, № 1/96, № 1/97), флюоритовых (№ 2/94), борных (№ 6/95) и апатитовых (№ 1/96) руд.

Широкий спектр полезных ископаемых и различные подходы к металлогеническому прогнозированию дают большой материал для сравнительного анализа и оптимальной оценки минерально-сырьевых ресурсов изученных территорий и, в первую очередь, территории России.

Регулярно публикуются в этой рубрике статьи, посвященные океанскому рудогенезу и перспективам освоения минерально-сырьевых ресурсов Мирового океана (стартовый-92, № 3—6/93, № 3—5/94, № 4/95, № 1/96, № 6/97).

В отдельных публикациях теоретического плана подняты проблемные вопросы морфогенеза рудных полей (№ 1—2/93), минерагении осадочных бассейнов (№ 1/94, № 6/97), обсуждаются законы распределения запасов металлов в недрах (№ 2/94), принципы систематики благороднометаллических месторождений (№ 3—6/93), типы флюидизации земной коры (№ 3/95), общие принципы рудноформационного анализа (№ 3/97), роль авлакогенов в формировании и размещении полезных ископаемых (№ 6/96), соотношение рудной и хрусталеносной минерализаций (№ 3/96).

В разделе «Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений» большая часть статей посвящена геодинамическим (№ 3/97), геохимическим (№ 2/94, № 1, 3/95, № 3/97), в том числе изотопно-геохимическим (стартовый-92, № 1, 3/95),

минералогическим (№ 1/94, № 2—5/95, № 6/96, № 3/97), геофизическим (стартовый-92, № 1—2/93, № 6/95, № 2/97), в том числе радиоволновым (№ 1—2/93) и электромагнитным (№ 1—2/93), космического зондирования (№ 6/95, № 6/96), морфо-структурным (№ 3/96) и другим методам изучения и оценки рудных полей и месторождений.

В отдельных статьях рассмотрены методы оптимизации разведки золоторудных месторождений (стартовый-92, № 1—2/93), методы создания программных средств в геологических задачах (№ 1/94), методы актуализма при изучении титан-циркониевых россыпей (№ 6/97), информационно-аналитические компьютерные системы прогноза и поисков благородных и цветных металлов (№ 2/95), фрактальный анализ концентрационных неоднородностей жильных золоторудных тел (№ 4/95), поисково-оценочное значение флюидных включений в прожилково-вкрапленных минералах нефтегазовых месторождений (№ 2/97).

Ряд публикаций отражают методические инновации, такие как новая методика поисков золотых руд под наносами по вторичным ореолам иона аммония (№ 1—2/93, № 1/97), новый метод исследования генетических аспектов рудообразования по изотопному составу железа из минералов руд (№ 1/96), новый метод использования растровых изображений при обработке геохимических данных (№ 6/96), а также метод количественной оценки газово-жидких включений в кварце (№ 1/97).

В рубрику «Строение рудных месторождений» вошли статьи по конкретным месторождениям полезных ископаемых, спектр которых еще более широк, чем в рубрике «Прикладная металлогения». Кроме крупных благороднометалльных, алмазных, полиметаллических и медноколчеданных рудных объектов, рассмотрены рудные поля, месторождения и проявления этих и других руд, требующие доизучения или переоценки. По эталонным объектам и месторождениям различного масштаба обсуждаются их геолого-структурная позиция, вещественный состав, текстуры и структуры руд, окорудные изменения, возраст оруденения. Приведены новые данные по алмазным (№ 2/96), золотым (№ 3—5/94, № 1, 3—5/95, № 1, 3, 6/96, № 1, 5/97), золото-серебряным (№ 1—2/93, № 2/94, № 2, 3/95), платиновым (№ 1—2/93), полиметаллическим (№ 3—5/94, № 11, 6/96), колчеданным (№ 1—2/93, № 3—5/94, № 3/95), платино-медно-никелевым (№ 3/96), титано-магнетитовым (№ 1/97), уран-битумным (№ 3/95) и борным (№ 5/97) рудным полям и месторождениям. Даны количественные характеристики рудонакопления в сульфидно-силикатных расплавах (№ 2/95), иллюстрируется глубинное строение рудных районов с эталонными рудными объектами (№ 2/97).

Для публикаций по моделям рудообразования с 1994 года была введена особая рубрика «Модели рудных месторождений». К настоящему времени опубликованы статьи, в которых отражены: *модели алмазных, золотых, золото-серебряных, урановых, медно-никелевых рудообразующих систем* (стартовый-92, № 1/94); *геолого-генетические модели свинцово-цинковых* (№ 1/94), *золото-сульфидных вкрапленных* (№ 1/94, № 3—5/94), *золото-углеродистых* (№ 2/94), *тантал-ниобий-циркониевых* (№ 1/94), *уран-полиэлементных* (№ 2/94) и *медно-никелевых* (стартовый-92, № 3—5/94) месторождений; *геодинамические модели областей с золотыми* (№ 6/95), *оловянными* (№ 3/97), *свинцово-цинковыми* и другими рудами; *параметрические модели месторождений колчеданного семейства* (стартовый-92), *расчетная термодинамическая модель рециклинговой гидротермальной системы* (№ 2/94). В № 3—5/94 приводится концепция самоорганизации в металлогении и основные принципы количественного моделирования рудных объектов.

Как отражение актуальности адаптации геологической службы России к современным рыночным условиям, когда любая оценка перспектив рудных объектов должна обязательно сопровождаться экономическими расчетами и показателями, в журнале появились новые рубрики: в 1995 г. — «Геолого-экономическая оценка рудных месторождений», а в 1997 г. — «Экономика». Этим вопросам посвящены статьи о сырьевой базе россыпного золота РФ (№ 5/95) и кобальтомарганцевых корок в Тихом океане (№ 1, 4/95), оценке золотых руд на месторождении Зун-Холба (№ 5/95). Проведен анализ причин снижения добычи

россыпного золота в России (№ 2/97), рассмотрена проблема выравнивания показаний проб при подсчете запасов (№ 4/95).

Рубрика «Комплексное использование минерального сырья» включает публикации по трем направлениям: 1) технология переработки различных типов руд благородных, цветных металлов и алмазов; 2) новые методические разработки в технологии и определении содержаний металлов в рудах; 3) комплексное использование различных типов руд, хвостов обогащения, отвалов.

По первому направлению в статьях рассмотрены технологии переработки руд благородных и цветных металлов (стартовый-92, № 1—2/93, № 1, 2/95), глубоководных полиметаллических сульфидов (№ 2, 6/95), окисленных полиметаллических руд (№ 6/96, № 1/97).

Новые методические разработки — это биогидрометаллургическая технология извлечения благородных металлов из золото-мышьяковых руд (№ 1—2/93), установление в рудах золотых микрофоссилий (№ 1—2/93), очистка газов от сернистого ангидрида марганецсодержащими сорбентами (№ 4/95), рентгенофлуоресцентный анализ комплексных руд (№ 6/95, № 1/97), метод определения содержаний металлов платиновой группы (стартовый-92), новые методы люминесцентного анализа минералов и руд (№ 3/97), атомно-абсорбционное определение золота и серебра в сурьмяных рудах (№ 6/97).

Комплексное использование различных типов руд, хвостов обогащения и отвалов отражено в статьях о распределении благородных и цветных металлов в хвостах обогащения (стартовый-92), о платиноносности отвалов пород, убогих руд и хвостов обогащения золоторудных полей Западной Калбы (№ 3/95), о платиноносности месторождений золото-скарновой формации Сибири (№ 3/97), о золотоносности железорудных месторождений Алтае-Саянского региона (№ 4/95) и технологической оценке попутного извлечения золота из хвостов руд железистых кварцитов (№ 6/95), о попутном извлечении золота из песчано-гравийных смесей (№ 1, 6/96, № 5/97), о возможности комплексного использования железомарганцевых образований Мирового океана (№ 6/96) и возможности извлечения золота и серебра из отвалов соляных пород Верхнекамского месторождения солей (№ 5/95).

Рубрика «Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ» включает статьи, освещающие новые геофизические (стартовый-92, № 1—3, 5, 6/95), разведочные и аналитические приборы и средства, а также разработки по охране труда (№ 1—2/93, № 4/97).

В этом разделе можно найти публикации о новых способах бурения скважин большого диаметра при разведке россыпей золота (стартовый-92, № 2/95), об эффективном буровом инструменте для горно-разведочных работ (№ 1, 3/95), о скважинной гидродобыче на месторождениях благородных металлов (№ 2/95), о состоянии и перспективах радиогео-разведки при поисках руд и газонефтяных залежей (№ 2/95, № 6/96, № 3/97), о прогрессивной технологии буровзрывных работ (№ 3/96, № 6/97), о рациональных технологических схемах разработки мелких месторождений золота (№ 2/97), об экспресс-анализе геологических образцов на золото (№ 3/96) и т.д.

Статьи раздела «Недра и экология» отражают состояние дел в области, которая все больше внедряется в сферу деятельности геологической службы в связи с охраной окружающей среды. Об интоксикации персонала при разработке серебряного месторождения на северо-востоке России рассказывает статья «Минералы-убийцы» (стартовый-92). Освещается использование экологически опасных отходов для получения цветных и благородных металлов (№ 2/94), геоэкологический мониторинг при недропользовании (№ 2/95), экогеохимические особенности угольных месторождений Мосбасса (№ 4/95), техногенное загрязнение почв как индикатор экологической обстановки (№ 4/95), получение экологически безопасных мышьяксодержащих продуктов из золото-мышьяковых концентратов (№ 3/97), обезвреживание цианидных стоков природными сорбентами-катализаторами (№ 1/96).

В раздел «Дискуссии» помещены статьи, затрагивающие актуальные проблемы, но не

имеющие, по мнению редколлегии, достаточных доказательств по сделанным в них выводам (№ 6/95, № 3/96, № 5/97), статьи, в которых оригинальные разработки авторов не соответствуют устоявшимся парадигмам (№ 2, 3—4/94, № 1/95, № 6/97), а также статьи, содержащие разработки по спорным проблемам (№ 1/95, № 5/97).

В рубриках «Хроника» и «Новости, информация» публикуются сообщения и краткие сведения о совещаниях и научных конференциях в России (№ 1/94, № 67/95, № 1/97) и за рубежом (№ 5/96), о проектах программы и постановлении МПР России по Русской платформе (№ 1—2/93, № 2/96, № 6/97), о новом геофизическом и техническом оборудовании (№ 5, 6/95, № 1/96). В этом же разделе приводятся обзоры наиболее интересных статей из зарубежных журналов (№ 3/95) и трудов зарубежных геологов (№ 1/96).

В «Истории геологических исследований» опубликованы статьи об открытии и использовании свинцово-цинковых руд на протяжении всей истории человечества (№ 1/94), о судьбе золота, добытого за всю историю нашей цивилизации (№ 1/95).

К 60-летию ЦНИГРИ в специальном выпуске помещены воспоминания ведущих сотрудников института об опыте исследований в различных областях геологической науки и практики (спецвыпуск, 95).

Мемуарные спецвыпуски были посвящены М.Б.Бородаевской, о которой написали коллеги, ученики, соратники (№ 6/94), и ученым — основоположникам научных школ ЦНИГРИ: Н.И.Бородаевскому, П.С.Бернштейну, Ю.П.Казакевич, А.И.Казаринову, В.А.Новикову и С.Д.Шеру (спецвыпуск, 96).

Кроме мемуарных, вышло 4 специальных выпуска журнала по научным проблемам: золото республики Коми (№ 4/96, заказной), научно-методические основы и практика рудноформационного анализа (№ 5/96), металлогения Русской платформы (№ 2/96) и тезисы 85 докладов НИР ЦНИГРИ в 1996 г. (№ 4/97).

Приведенные данные, по нашему мнению, свидетельствуют о сложившемся многопрофильном, существенно прикладном характере журнала, который привлекает внимание ученых и практиков из предприятий и организаций различных форм собственности и отраслевой принадлежности, что убеждает нас в правильности избранных принципов формирования журнала и позволяет надеяться на успешное его развитие.

Редакция



МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ДНА МИРОВОГО ОКЕАНА В ЗОНАХ АНГОЛО-БРАЗИЛЬСКОГО И МАСКАРЕНСКО-АВСТРАЛИЙСКОГО ГЕОТРАВЕРЗОВ

Б. Д. УГЛОВ, Ю. В. МИРОНОВ, Ю. Г. ЗОРИНА, Е. Н. БЫЛИНСКИЙ,
А. А. ЕМЕЛЬЯНОВ (ЦНИГРИ МПР России)

На дне Мирового океана в пределах Анголо-Бразильского и Маскаренско-Австралийского трансокеанских геотраверзов, где проведены регулярные геолого-геофизические съемки, выделены обстановки, благоприятные для образования железомарганцевых конкреций, кобальтомарганцевых корок, глубоководных колчеданных руд, металлоносных осадков и фосфоритов. Обосновывается возможность выделения принципиально нового типа обстановок гидротермального рудогенеза, связанного с внутриплитной тектоно-магматической активизацией.

Анголо-Бразильский и Маскаренско-Австралийский широкополосные трансокеанские геотраверзы могут в определенной мере рассматриваться как эталонные районы Мирового океана по степени систематической региональной изученности крупных областей океанского дна. Они располагаются в южной приэкваториальной зоне Атлантического и Индийского океанов и охватывают полосу океанского дна между 8 и 20° ю.ш., протягивающуюся от Южно-Американского до Австралийского континента и разделенную Африкой.

Регулярные геолого-геофизические съемки, выполненные на геотраверзах объединениями «Южморгеология», «Севморгеология», ИФЗ РАН и другими организациями, позволили получить новые данные о тектонике, магматизме, динамике и эволюции океанской литосферы на площади более 10 млн. км². Геотраверзы охватывают районы дна Мирового океана, представленные практически всем возрастным диапазоном океанской литосферы — от самой молодой, новообразованной на гребнях срединно-океанских хребтов, до древней (по крайней мере позднеюрской), погружившейся на уровень глубоководных котловин. В их пределах располагаются такие крупные разнооб-

разные по генезису элементы как Срединно-Атлантический и Аравийско-Индийский рифтовые хребты; Ангольская, Бразильская, Центральная, Западно-Австралийская и Северо-Австралийская глубоководные котловины; Маскаренский, Чагос-Лаккадивский, Восточно-Индийский и Кокосовый асейсмичные глыбовые хребты; крупные массивы подводных гор, хребтов и поднятий — Стокс, Грелль, Пернамбуку, Кардано, Св.Елены, Вейнинг-Мейница, Щербакова, Инвестигейтор, Роу, Джой и др. В пределах геотраверзов можно выделить обстановки, благоприятные для образования всех традиционных видов глубоководных твердых полезных ископаемых дна Мирового океана: железомарганцевых конкреций, кобальтомарганцевых корок, глубоководных колчеданных руд (часто называемых глубоководными полиметаллическими сульфидами), металлоносных осадков и фосфоритов. Таким образом, океанское дно, охваченное исследованиями на геотраверзах, обладает определенным металлогеническим потенциалом, рассмотрению особенностей которого посвящена данная работа.

Железомарганцевые конкреции (ЖМК). Практические интересы обычно связываются с глубоководными (глубина за-

легания 3500—6000 м) ЖМК, содержащими в сумме никеля, меди и кобальта не менее 1,8 % при минимальной весовой концентрации конкреций порядка 10 кг/м² [2].

В пределах Анголо-Бразильского геотраверза расположено конкрециеносное поле Дампир, занимающее площадь 150 тыс. км² в западной части Ангольской котловины на глубинах 5000—6000 м (рисунок, I). Средняя плотность залегания на этом поле составляет 4,8 кг/м² при среднем содержании (в %): марганца — 21, железа — 9, никеля — 0,76, меди — 0,49 и кобальта — 0,12. Прогнозные ресурсы руды в целом оцениваются более чем в 490 млн. т. Особенностью поля Дампир является довольно высокое содержание в конкрециях никеля, однако ввиду низкой средней плотности их залегания и низкого суммарного содержания никеля, меди и кобальта (1,37 %) практического интереса ЖМК площади Дампир пока не представляют.

Другое поле ЖМК — Бразильское, несколько меньшее поля Дампир по площади, располагается в западной части геотраверза между трансформными разломами Вознесения и Боде-Верде в пределах подводных холмов переходной зоны между западным флангом Срединно-Атлантического хребта и Бразильской котловиной. Конкреции этого поля относятся к бедному кобальтовому (Ni + Cu менее 1 %, Co менее 0,3 %) южно-тихоокеанскому типу [7]. Ввиду малой изученности о металлогеническом потенциале этого поля судить трудно. Можно лишь предположить, что он существенно ниже потенциала поля Дампир.

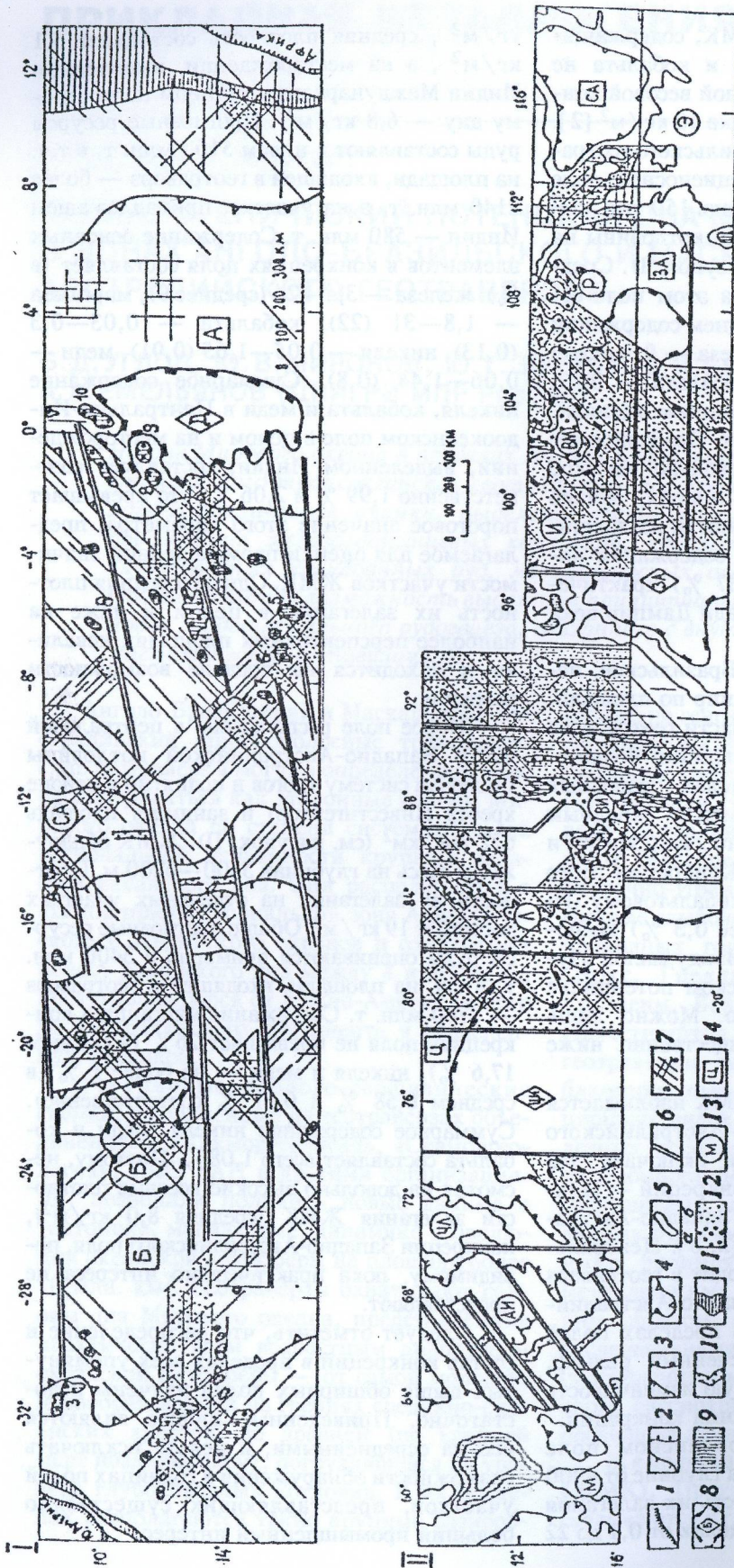
Иное распределение ЖМК наблюдается в пределах Маскаренско-Австралийского геотраверза. Его площадь включает два крупных поля залегания конкреций — Центрально-Индокоеанское и Западно-Австралийское (см. рисунок, II) [2, 8]. Центрально-Индокоеанское поле входит в геотраверз 42 % своей площади, а Западно-Австралийское — 80 % площади. В пределах полей ЖМК преобладает пересеченный рельеф, который определяет большую изменчивость состава и плотности залегания конкреций.

В Центрально-Индокоеанском поле ЖМК сконцентрированы на глубине от 4900 до 5500 м. Весовая плотность их залегания изменяется в широких пределах от 0,1 до 22

кг/м², средняя плотность составляет 5,1 кг/м², а на месторождении, выделенном Индией Международным органом по морскому дну — 6,8 кг/м². Прогнозные ресурсы руды составляют в целом 5100 млн. т, в т.ч. на площади, входящей в геотраверз — более 2140 млн. т, а на участке, принадлежащем Индии — 580 млн. т. Содержание основных элементов в конкрециях поля составляет (в %): железа — 3,4—24 (среднее 9), марганца — 1,8—31 (22), кобальта — 0,03—0,3 (0,13), никеля — 0,05—1,65 (0,91), меди — 0,06—1,44 (0,8). Суммарное содержание никеля, кобальта и меди в Центрально-Индокоеанском поле в целом и на месторождении, выделенном Индией, составляет соответственно 1,99 % и 2,06 %, что превышает пороговое значение этого параметра, предлагаемое для оценки промышленной значимости участков ЖМК. Однако средняя плотность их залегания в целом и даже на наиболее перспективных площадях невелика и находится на пределе возможности освоения.

Второе поле расположено в центральной части Западно-Австралийской котловины (включая систему трогов и поднятий в районе хребта Инвестигейтор) и занимает площадь 622 тыс. км² (см. рисунок, II). ЖМК обнаружены здесь на глубинах 5300—6200 м. Плотность их залегания на отдельных участках достигает 19 кг/м². Общие прогнозные ресурсы руды оцениваются примерно в 3400 млн. т, в т.ч. на площади, входящей в геотраверз — 2700 млн. т. Содержание марганца в конкрециях поля не превышает 26 % (в среднем 17,6 %), никеля и меди — не более 1 % (в среднем 0,58 % и 0,51 % соответственно). Суммарное содержание никеля, меди и кобальта составляет всего 1,08 %. Поэтому, несмотря на довольно высокие весовые плотности залегания ЖМК (средняя 8,0 кг/м²), конкреции Западно-Австралийского поля, по видимому, пока практического интереса не представляют.

Следует отметить, что распределение и состав конкреций в пределах всех упомянутых выше обширных полей изучены недостаточно. Приведенные цифры являются весьма усредненными, и нельзя исключать возможности обнаружения в границах полей участков, представляющих существенно больший промышленный интерес.



Трансокеанские геотраверзы: I — Анголо-Бразильский, Атлантический океан; II — Маскаренско-Австралийский, Индийский океан.

Границы основных морфоструктурных элементов: 1 — континентов, 2 — гребневой зоны СОХ, 3 — центральной зоны СОХ, 4 — глубоководных котловин, 5 — островов, подводных гор, хребтов и поднятий; разломы: 6 — трансформные и палеотрансформные, 7 — прочие разломы: а — региональные глубинные, б — в осадочном чехле и втором слое океанической коры; области распространения различных видов ТПИ: 8 — поля ЖМК (Б — Бразильское, Д — Дампир, ПИ — Центрально-Индийское, ЗА — Западно-Австралийское); 9 — поля КМК; районы возможного колчеданного оруденения, в т.ч. 10 — срединно-океанского типа, 11 — красноморского типа, 12 — типов связанных с внутриплитным вулканизмом: а — гавайского, б — областей интенсивных внутриплитных деформаций; обозначения морфоструктурных элементов: 13 — хребты и поднятия (СА — Срединно-Атлантический хребет, АИ — Аравийско-Индийский хребет, М — Маскаренский хребет, ЧД — Чagos-Лаккадивский хребет, Л — хребет Ланка, ВИ — Восточно-Индийский хребет, К — Кокосовый хребет, И — хребет Инвестейтор, ВМ — горы Вейнинг-Мейница, Р — поднятие Южный Роу, Э — плато Эксмут); 14 — глубоководные котловины (Б — Бразильская, А — Ангольская, Ц — Центральная, ЗА — Западно-Австралийская, СА — Северо-Австралийская); отдельные острова и подводные горы (1 — г.Грелль, 2 — г.Стокс, 3 — г.Пернамбуку, 4 — о.Вознесения, 5 — о.Св.Елены, 6 — г.Бонапарга, 7 — г.Кузуова, 8 — г.ВНИРО, 9 — г.Дампир, 10 — г.Ширшова, 11 — г.Кардано).

Кобальтомарганцевые корки (КМК). Распространение и ресурсы КМК в пределах геотраверзов (как и в целом в Атлантическом и Индийском океанах) также недостаточно изучены. Наиболее вероятные участки их распространения можно наметить преимущественно на основе известных закономерностей распределения КМК в Тихом океане.

Кобальтомарганцевые корки обычно встречаются на подводных поднятиях различного генезиса. В основном, они распространены на глубинах 800—3000 м и приурочены к краевым частям поверхностей и к верхним участкам склонов гайотов и других положительных форм рельефа (подводные горы, плато, хребты). Толщина корок колеблется от 0,1 до 24 см (практический интерес представляют корки толщиной более 3 см). Как правило, она увеличена на поднятиях, образованных более 18 млн. лет назад. Это связано с эпохой роста Антарктического ледника и сильного похолодания в конце раннего и среднего миоцена, что обусловило формирование в водной толще мощного слоя кислородного минимума. В пределах этого слоя происходил интенсивный распад органического вещества планктона, который привел к увеличению концентрации в воде, а затем к последующему выделению в осадок основных компонентов КМК (железо, марганец, никель, кобальт и др. металлы) [10].

Обобщение имеющихся в настоящее время сведений о находках КМК [1, 7, 9, 15], а также анализ течений антарктических глубинных вод в южной части Атлантического и в Индийском океанах позволяют выделить несколько участков, перспективных на обнаружение достаточно крупных ресурсов КМК.

В пределах Анголо-Бразильского геотраверза к таким участкам относятся: склоны подводных гор Грелль, Стокс и Пернамбуку на западном борту Бразильской котловины, подводные склоны острова Св.Елены, склоны и вершины горы Кардано и близлежащих подводных гор, а также подводных гор ВНИРО, Ширшова, Дампир и др., расположенных на восточном фланге Срединно-Атлантического хребта, в переходной зоне к Ангольской котловине (см. рисунок, 1). Наиболее перспективные ресурсы КМК, по-

видимому, связаны с подводными горами Грелль и Стокс, а также ВНИРО, Ширшова и Дампир, которые являются тектоническими сооружениями с относительно древним возрастом, в связи с чем корки на них могли достичь достаточной толщины. Однако сколько-нибудь точно оценить эти ресурсы пока не представляется возможным.

В пределах Маскаренско-Австралийского геотраверза также можно наметить несколько участков, перспективных на кобальтомарганцевые корки. В первую очередь, это верхние части подводных склонов банки Сая-де-Малья, входящей в состав Маскаренского хребта (металлогенические ресурсы здесь составляют 53 млн. т руды и 197 тыс. т кобальта) и участок на юге Восточно-Индийского хребта (56 млн. т руды и 207 тыс. т кобальта), южная часть которого находится за пределами геотраверза. Суммарные запасы руд на этих участках (109 млн. т руды и 404 тыс. т кобальта) лишь немногим уступают прогнозным ресурсам на двух гайотах Магеллановых гор Тихого океана (МА-15, МЖ-35), с которыми связываются основные перспективы освоения КМК Россией [4]. Более скромными ресурсами, вероятно, обладают северный участок Восточно-Индийского хребта и примыкающие с запада к этому хребту плато Осборн, поднятие Южный Роу и западные отроги плато Эксмут, общие ресурсы которых можно оценить от 10 до 50 млн. т руды. Остальные участки — южная часть Кокосового хребта и поднятия Вейнинг-Мейница — обладают ресурсами, скорее всего, меньшими 10 млн. т руды и представляются наименее перспективными.

Фосфориты. По аналогии с другими районами дна Мирового океана обнаружение полей фосфоритов можно ожидать на участках распространения КМК, а также на шельфах Южной Америки и Африки, входящих в площадь Анголо-Бразильского геотраверза [1, 3]. Однако сведений об их находках и тем более ресурсах пока не имеется.

Глубоководные колчеданные руды и металлоносные осадки. Глубоководные колчеданные руды в пределах геотраверзов также пока не обнаружены, однако наличие в некоторых структурах металлоносных осадков указывает на проявления разновоз-

растной гидротермальной деятельности. Можно выделить несколько основных типов обстановок предполагаемого колчеданного рудогенеза.

Первый из этих типов характерен для ранних этапов раскрытия океанов (стадия межконтинентальных рифтов) и соответствует современной обстановке в Красноморском рифте. Накапливаемые в относительно замкнутых на этой стадии бассейнах эвапориты, взаимодействуя с рудоносными гидротермальными растворами, образуют плотный придонный слой рассолов, препятствующий рассеиванию металлов в водной толще. Это создает условия для формирования крупных месторождений сульфидоносных осадков. Так, например, запасы металлов в рудах только одной из впадин Красного моря (Атлантик II) составляют 32,5 млн. т [5]. Подобные условия, по-видимому, существовали в бассейне Южной Атлантики в конце раннего мела, когда накапливались эвапориты, обнаруженные в ходе поисково-разведочного бурения на континентальных склонах Южной Америки и Африки (см. рисунок, I). В то же время в скважинах, пробуренных в северо-восточной части Индийского океана (абиссальная котловина Арго) (см. рисунок, II), соленосные толщи раннего этапа раскрытия океана не обнаружены. Более того, здесь установлен значительный разрыв в возрасте базальтов океанского ложа (оксфорд, киммеридж) и наиболее древних осадков (титон), который связан или с размывом осадков, или с чрезвычайно низкой скоростью седиментации [13]. Соответственно, руды в этом бассейне либо размывы вместе с вмещающими осадочными образованиями, либо формировались на базальтах и в настоящее время захоронены под чехлом более молодых отложений.

Второй тип обстановок колчеданного рудогенеза — срединно-океанский — связан с гидротермальной деятельностью в рифтах срединно-океанских хребтов (см. рисунок, I и II). В пределах геотраверзов находки современных колчеданных руд как на Срединно-Атлантическом, так и на Аравийско-Индийском хребтах не известны. Однако оба этих хребта формируются в условиях медленного спрединга, при которых, как показывают исследования в Центральной Атлан-

тике, могут образоваться такие крупные рудные тела, как «Мир» диаметром 400 м и высотой 50 м. Повышенная эффективность рудообразующих систем в медленносрединговых хребтах по сравнению с быстро-спрединговыми связана с возможностью более длительного роста залежей (с перерывами более 100 тыс. лет). При этом сами рудные постройки по достижении ими некоторых критических размеров могут становиться экраном, ограничивающим рассеяние гидротерм. В результате происходит быстрый рост залежи «изнутри» за счет смены струйного режима разгрузки гидротерм на диффузное просачивание через уже сформированную рудную массу [5].

В настоящее время в качестве одного из наиболее перспективных на современное колчеданное оруденение участков геотраверзов может рассматриваться куполообразное поднятие гребня Аравийско-Индийского хребта, протягивающееся от 12° ю.ш. до района индоокеанского «тройного сочленения» (примерно 26° ю.ш.). На этом поднятии, несколько южнее геотраверза (21—24° ю.ш.), первоначально были выявлены температурные аномалии и высокие содержания марганца и метана в придонных водах, а затем с помощью фото- и телесъемки — неактивное гидротермальное поле. Здесь, наряду с широко распространенными железомарганцевыми образованиями, обнаружены небольшие по размеру блоки сульфидных руд, присыпанных тонким слоем осадков [12].

Особая группа колчеданных рудопроявлений могла формироваться в связи с внутриплитной тектоно-магматической активностью. Классическим ее проявлением в пределах геотраверзов, как и в Мировом океане в целом, являются многочисленные внутриплитные вулканические хребты, поднятия, острова и крупные подводные горы. Интенсивный вулканизм, приведший к формированию этих структур, одновременно мог служить и мощным фактором колчеданообразования третьего, пока мало изученного гавайского типа (по аналогии с единственным известным современным рудопроявлением на вулкане Лоихи в Гавайском хребте [14]).

Наряду с перечисленными обстановками колчеданного рудообразования появляется

возможность (во многом, благодаря исследованиям на геотраверзах) для выделения принципиально нового типа обстановок гидротермального рудогенеза, связанного с активизацией «пассивных» (как считалось до недавнего времени) областей литосферных плит, расположенных за пределами районов интенсивного магматизма [6].

Анализ рельефа дна [3], сейсмических, магнитометрических и гравиметрических данных [6] показывает, что в пределах геотраверзов существуют обширные области, характеризующиеся интенсивными внутриплитными деформациями литосферы. Последние проявлены в блоковом раздроблении фундамента и осадочной толщи, складчатом характере осадочных слоев и многочисленных тектонических нарушениях, явно возникших вне областей активного спрединга. Особенно широко такие области развиты в пределах Маскаренско-Австралийского геотраверза на относительно древней коре Индийского океана. Они охватывают чрезвычайно разнообразные структуры — от систем поднятий и трогов в окрестностях Восточно-Индийского хребта до внутренних частей Центральной и Западно-Австралийской котловин (см. рисунок, II).

В некоторых из этих областей отмечаются повышенные сейсмичность и тепловой поток, а также имеются прямые указания на существование современной гидротермальной деятельности. Так, на склонах Восточно-Индийского хребта и в сопряженном одноименном трого выявлены температурные и газогидрохимические аномалии в водной толще. Аналогичные аномалии установлены и в пределах Центральной котловины в районе меридионального разлома Индраны (79° в.д.). По-видимому, с ними связаны металлоносные осадки, которые распространены здесь на нескольких разобщенных площадях. В скважине ODP-718, пробуренной несколько севернее геотраверза (01° ю.ш., 81° в.д.), в толще миоценовых турбидитов обнаружена температурная инверсия, а по результатам геохимических исследований, воды верхней части колонки образовались за счет смешения инфильтрационных вод океана с глубинными нагретыми водами, поступающими по разломам, образовавшимся в результате деформаций и дробления океанской литосферы [11].

Таким образом, имеющиеся в настоящее время данные позволяют рассматривать обширные области внутриплитных деформаций как провинции, перспективные на металлоносные осадки и сульфидное оруденение принципиально нового типа [6].

В пределах Анголо-Бразильского геотраверза такие области имеют несколько меньшее распространение и приурочены, как правило, к пересечениям крупных «диагональных» (северо-восточного и северо-западного простирания) зон разломов (линеаментов), особенно ярко проявляющихся в рельефе дна и структуре магнитоактивного слоя (см. рисунок, I). Наиболее обширные и интенсивные области активизации приурочены к системам подводных гор Стокс и Грель на западе Бразильской котловины и острова Св.Елены, подводной горы Кардано на восточном фланге Срединно-Атлантического хребта. Последние, по-видимому, представляют наибольший интерес для первоочередного изучения, поскольку в этих районах может быть встречено и более древнее оруденение гавайского типа.

В целом, из приведенных данных следует, что районом, наиболее перспективным для изучения и последующего освоения минеральных ресурсов рассматриваемых регионов дна Мирового океана, является западная часть Маскаренско-Австралийского геотраверза. Именно здесь, на Маскаренском и Восточно-Индийском хребтах, располагаются значительные ресурсы КМК, которые рассматриваются сейчас как наиболее важный вид океанских ТПИ. Не исключено, что в тесной ассоциации с ними могут быть обнаружены и залежи фосфоритов. В разделяющей эти хребты Центральной котловине расположено обширное поле ЖМК, которое по своим характеристикам может иметь промышленное значение. Здесь же располагается обширная область постспрединговой тектоно-магматической активизации с возможным формированием массивных сульфидных руд в малоизученных пока обстановках. Наконец, гребневая часть Аравийско-Индийского хребта рассматривается как один из наиболее перспективных районов на современное колчеданообразование срединно-океанского типа.

Следующим по степени перспективности районом, по-видимому, является Запад-

но-Австралийская когловина и прилегающие поднятия, где также развиты поля КМК (Кокосовый хребет, поднятие Вейнинг-Мейница), ЖМК (Западно-Австралийское поле) и имеется обширная область внутриплитной тектоно-магматической активизации.

В пределах Анголо-Бразильского геотраверза также можно наметить ряд районов, в которых целесообразно проведение геолого-поисковых работ. К ним относятся горы Грель и Стокс в Бразильской котловине и «диагональная» структура (остров Св.Елены — подводная гора Кардано — подводная гора Ширшова) на восточном фланге Срединно-Атлантического хребта (КМК и, возможно, фосфориты, а также области внутриплитной активизации); континентальные шельфы Африки и Южной Америки (фосфориты и, возможно, сульфиды красноморского типа) и рифтовая долина Срединно-Атлантического хребта (массивные сульфиды срединно-океанского типа).

В заключение отметим, что по сумме геолого-геофизических данных, полученных на геотраверзах, наибольший интерес для дальнейшего целенаправленного исследования представляют выявленные в их пределах области внутриплитной тектоно-магматической активизации. Эти области охватывают весьма обширные площади океанского дна, и с ними может быть связан новый, ранее неизвестный тип обстановок гидротермального рудогенеза, изучение которого, возможно, существенно изменит представления о рудоносности дна Мирового океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батурин Г.Н. Руды океана. — М.: Наука, 1993.
2. Железомарганцевые конкреции Мирового океана. Под ред. Ю.Б.Казьмина //Тр. ВНИИОкеангеология. 1984. Т. 192.
3. Изучение геологии и рудоносности Мирового океана — вклад ЦНИГРИ. Авторы: Б.Д.Углов, Л.А.Бологов, Е.Н.Былинский и др. //Отечественная геология. 1995. № 3. С. 66—76.
4. Кобальтомарганцевые корки Мирового океана (методические документы). Под ред. М.М.Задоронова и др. — М.: Геоинформмарк, 1996.
5. Краснов С.Г. Крупные сульфидные залежи в океане //Природа. 1995. № 2. С. 3—14.
6. Мирлин Е.Г., Углов Б.Д., Лейбов М.Б. Плотностные и магнитные неоднородности литосферы в зоне внутриплитных деформаций Индийского океана // Руды и металлы. 1992. Стартовый номер. С. 19—24.
7. Объяснительная записка к Карте твердых полезных ископаемых Мирового океана и геоморфологической карте Мирового океана (1:25 000 000, ред. И.С.Граммберг). Авторы: С.И.Андреев, Л.И.Аникеева, А.М.Иванова и др. — Л.-СПб.: ВНИИОкеангеология, 1991.
8. Условия образования и закономерности размещения железомарганцевых конкреций Мирового океана. Под ред. О.Д.Корсакова. — Л.: Недра, 1987.
9. Шнюков Е.Ф., Старостенко В.И., Плошко В.В. Геология и металлогения тропической Атлантики. — Киев: Наукова Думка, 1990.
10. Cobalt-rich and platinum-bearing manganese crust deposits on seamounts: Nature, formation and metal potential. Authors: Halbach P.E., Sattler C.D., Teichman F. et al. //Marine Mining. 1989. Vol. 8. № 1. P. 23—39.
11. Collisions in the Indian Ocean. Authors: Cochran S., Stow D., Auroux C. et al. //Nature. 1987. Vol. 330. P. 319—321.
12. Discovery of hydrothermal fields at the Central Indian Ridge. Authors: Pluger W.L., Herzig P.M., Becker K.R. et al. //Marine Mining. 1990. Vol. 9. P. 73—86.
13. Exon N.F., Colwell J.D. Geological history of the outer North West Shelf of Australia: a synthesis //AGSO J. Austr. Geol. Geophys. 1994. Vol. 15. № 1. P. 177—190.
14. Geology and chemistry of hydrothermal deposits from active submarine volcano Loihi, Hawaii. Authors: Malahoff A., McMurtry G., Wiltshire J. et al. //Nature. 1982. Vol. 298. № 5871. P. 234—239.
15. Manheim F.T. Marine cobalt resources //Science. 1986. Vol. 232. № 4750. P. 600—608.

B. D. Uglov, Yu. V. Mironov, Yu. G. Zorina, Ye. N. Bylinsky, A. A. Yemelyanov

METALLOGENIC POTENTIAL OF WORLD OCEAN FLOOR WITHIN THE ANGOLA-BRAZILIAN AND MASCARENE-AUSTRALIAN GEOTRASECTS

Areas with favourable conditions for the formation of manganese nodules, Co-rich crusts, deep-sea massive sulfide ores, metalliferous sediments and phosphorite deposits have been outlined within the World Ocean floor zones covered by the Angola-Brazilian and Mascarene-Australian geotranssects. It is shown that an essentially new type of hydrothermal ore generation conditions related to intraplatform tectono-magmatic activity can be identified.

УДК 553.078(470.41)

© Коллектив авторов, 1997

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ВЯТСКОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В. Г. ЧАЙКИН, С. Г. ГЛЕБАШЕВ, Ф. А. ЗАКИРОВА, А. М. МЕСХИ,
А. И. ШЕВЕЛЕВ (ЦНИИГеолнеруд МПР России)

Определены литолого-фациальные и структурно-тектонические условия образования и размещения сложных поликомпонентных руд Вятской зоны. Исходя из условий залегания, морфологии рудных тел, их состава и содержания полезных компонентов предлагается систематика этих руд.

В последнее время пристальное внимание многих исследователей привлекают вопросы металлогении древних платформ, в том числе, Восточно-Европейской. Платформенный чехол, особенно его верхние горизонты, считавшиеся практически «стерильными» в отношении металлоносности, по данным последних исследований, несут в себе широкий спектр металлов.

Наиболее показательной в этом отношении является Вятская зона, расположенная в центральной части Вятско-Камской межрифтовой системы, отвечающей зоне сочленения Вятского, Сергиевско-Абдуллинского и Камско-Бельского авлакогенов (рис. 1).

Заложение и развитие в условиях регионального растяжения названных авлакогенов в байкальский этап тектоно-магматической активизации предопределило образование Вятско-Камской межрифтовой системы, включающей в себя сложно построенную Татарскую систему сводовых поднятий [4]. После длительного покоя, на общем фоне постепенного затухания дифференцированных опусканий в конце герцинского цикла тектогенеза, здесь наблюдается интенсивный рост рудоконтролирующих инверсионных структур взбросового и сдвигового типов. К ним относятся Алькеевская и Сарайлинская системы разломов [2], развившиеся в условиях компенсационного сжатия с формированием в верхнеказанское время многочисленных полиметалльных рудопроявлений.

Рудоносные отложения верхнеказанского подъяруса являются составной частью пестроцветной карбонатно-терригенной прибрежно-морской формации, которая подразделяется на сероцветную терригенно-

карбонатную лагунно-дельтовую и красноцветную терригенную озерно-дельтовую субформации или серии [3].

Наиболее значительные проявления полиметалльных руд связаны с сероцветной субформацией и локализованы в нескольких выдержанных по составу сероцветных глинисто-карбонатных горизонтах.

В литологическом отношении в продуктивных горизонтах доминируют глины и карбонатные породы. При этом в группе карбонатных пород известняки и известковые мергели преобладают над доломитами, что определяет специфику литологического фона продуктивной серии, поскольку общей чертой казанского яруса является преобладание в нем доломитов над известняками и мергелями.

Известняки представлены преимущественно микритовыми разностями. Весьма редки оолитовые известняки. Характерная особенность химизма известняков — высокое содержание в них окисного железа и пятиокси фосфора.

Мергели, в основном известковые, как правило, содержат примесь обломочного материала: кварца, плагиоклаза, кремнистых и вулканических пород. Характерно наличие металл-углеродистого и фосфатного вещества.

Глины монтмориллонит-гидрослюдистые, сложены смешаннослойным глинистым минералом, в меньшей степени слюдой и хлоритом. При этом, если слюда представляет собой явно аллотигенный минерал, то появление хлорита, как и ассоциирующих с ним скоплений гидроксидов железа, связано с эпигенетическим преобразованием глин.

В глинах постоянно присутствует при-

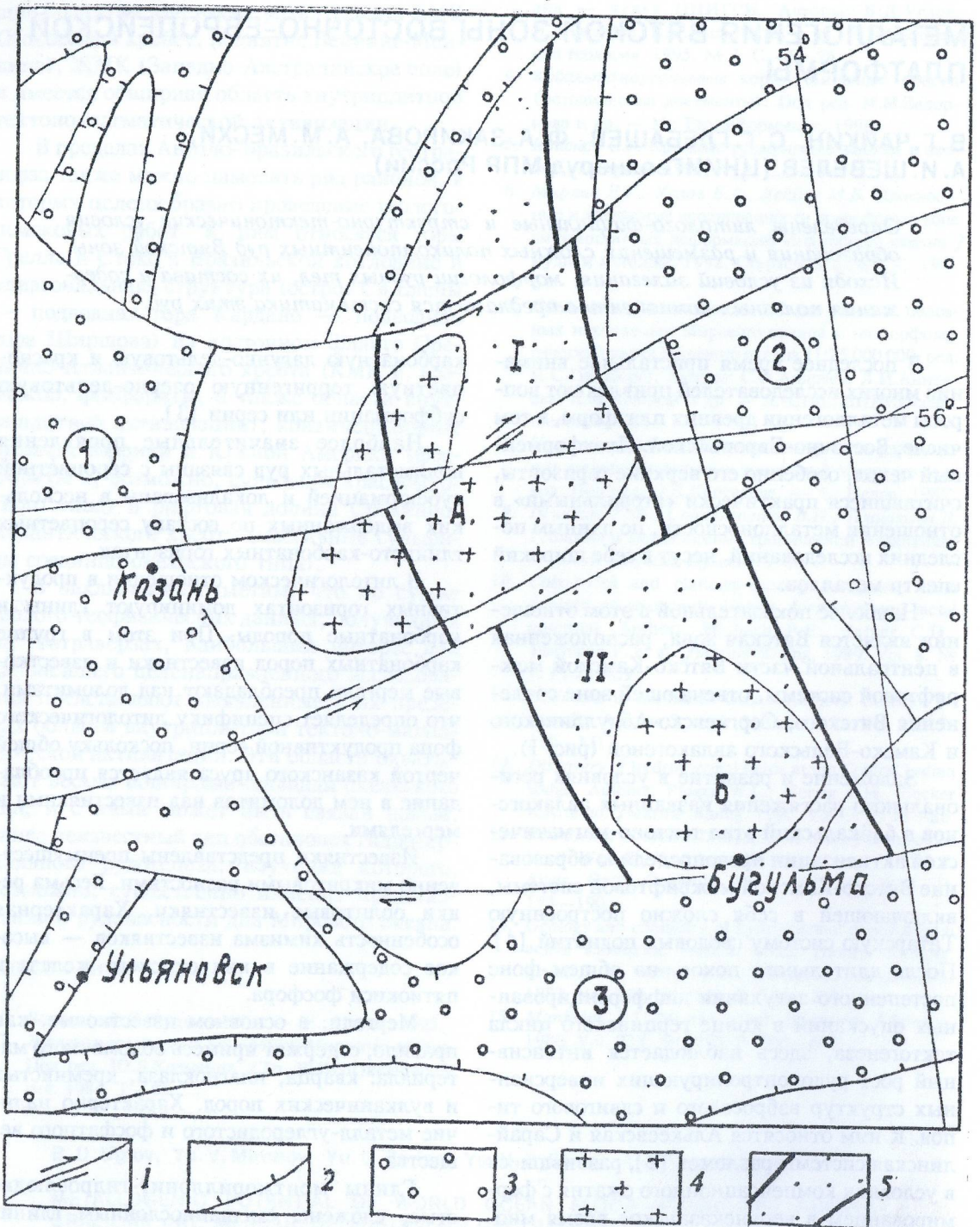


Рис. 1. Тектоническая схема Вятско-Камской системы (тектоническая основа Р.Н.Валеева).

1 — сдвиги; 2 — сбросы; 3 — авлакогены: 1 — Вятский, 2 — Камско-Бельский, 3 — Сергиевско-Абдуллинский; 4 — Татарская система сводовых поднятий: А — Северный купол, Б — Южный купол; 5 — Вятско-Камская полоса: I — Вятская зона, II — Закамская зона.

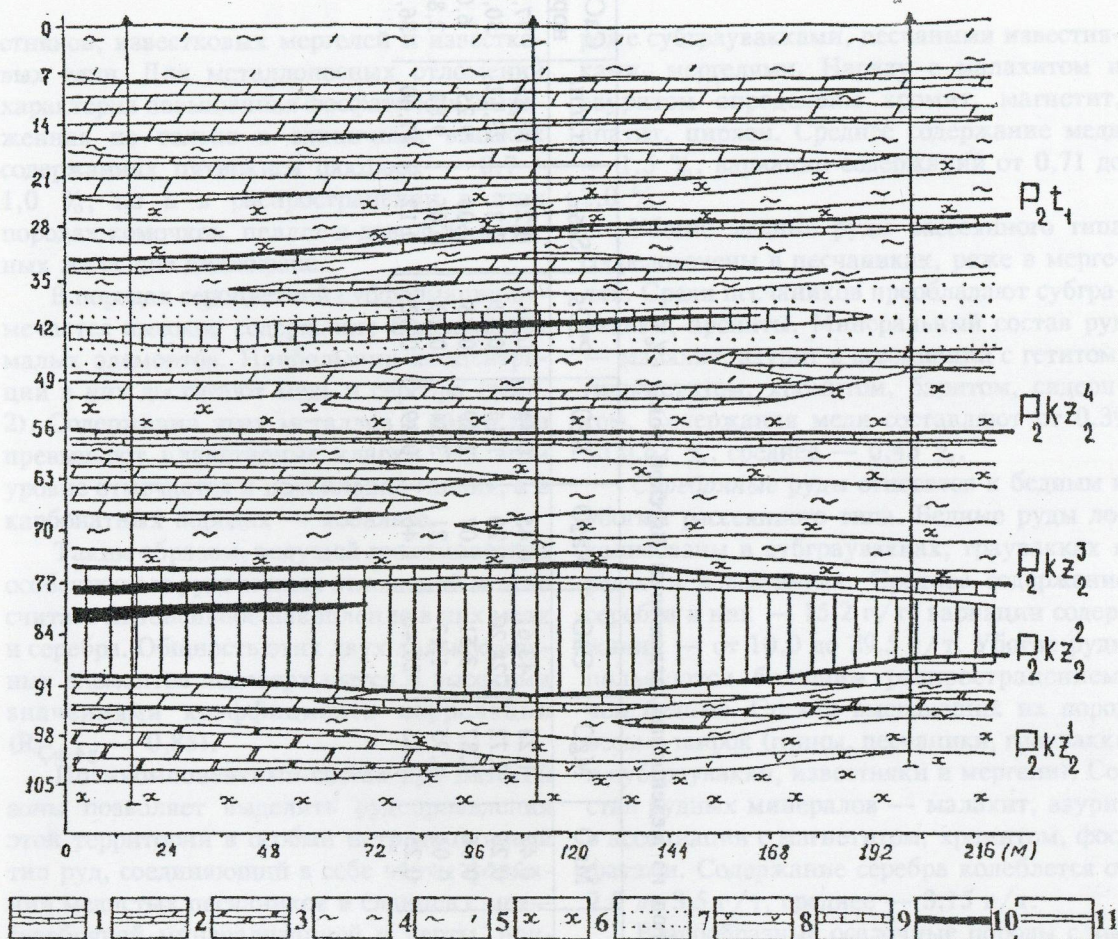


Рис. 2. Схематический разрез верхнеказанских отложений Вятской зоны.

1 — известняки; 2 — мергели; 3 — доломитовые мергели; 4 — глины; 5 — известковые глины; 6 — песчаники; 7 — пески; 8 — гипс; 9 — сероцветная серия (переслаивание песчаников, глин, алевролитов с включениями углистых остатков); 10 — руды; 11 — рудоносные породы.

месь известкового вещества, представленного тончайшим агрегатом кальцита, по мере увеличения содержания которого глины переходят в мергели. Тесная перемежаемость маломощных слоев карбонатных глин и мергелей характерна для продуктивных рудоносных горизонтов.

Глины и мергели насыщены углефицированными остатками растений, содержание которых достигает 5—7 %, в среднем — 0,7—1,5 %. Мельчайшие пылевидные частицы растительного детрита рассеяны в массе глинистого вещества, иногда встречаются крупные обломки детрита. Особенно значительная концентрация углистых растительных остатков отмечается на Ныргинском

участке в едином, выдержанном по всей площади, горизонте известковых глин и песчаников (рис. 2).

Песчаники и, особенно, алевролиты пользуются меньшим распространением, чем глины и мергели. По обилию литокластического, преимущественно вулканомиктового, материала и кальцитовому составу цемента песчаники отвечают известковым субграуваккам (табл. 1).

В отличие от глин и мергелей, в песчаниках и алевролитах почти нет растительного детрита.

В целом рассматриваемой субформации присуща высокая известковистость, фиксируемая по широкому распространению изве-

1. Средний химический состав пород из меденосных отложений Вятской зоны (%)

Типы пород	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S _{общ.}	п.п.п.	CaCO ₃ норм.
Известняки	12,1	0,10	2,78	1,35	0,26	0,42	1,23	43,61	0,45	0,44	0,31	0,21	36,86	77,0
Мергели известковые	27,76	0,36	5,82	3,67	0,75	0,26	2,72	28,20	1,20	1,16	0,42	0,31	23,12	50,0
Глины сероцветные	54,17	0,68	15,25	4,95	1,59	0,06	4,87	3,51	1,07	2,89	0,23	0,05	9,25	6,0
Глины красноцветные	54,93	0,75	16,23	5,98	1,65	0,04	4,95	1,17	1,21	3,54	0,20	0,05	9,87	2,89
Песчаники	45,70	0,46	7,10	1,67	0,60	0,25	1,35	20,46	1,46	0,89	0,32	0,12	17,60	36,0

стняков, известковых мергелей и известковых глин. Для металлоносных отложений характерна повышенная фосфатность, выраженная не только в единичных высоких содержаниях пятиоксида фосфора — 0,7—1,0 %, но и в распространении в этих породах комочков, пеллет и довольно крупных желваков коллофана.

В породах сероцветной субформации отмечается высокое содержание большинства малых элементов. Наибольших концентраций в них достигают медь и серебро (табл. 2). Содержания этих металлов в сотни раз превышают планетарные кларки. На этом уровне отмечается и накопление галлия, а в карбонатных породах — кобальта.

Таким образом, ведущей геохимической особенностью рудоносных отложений можно считать интенсивное накопление в них меди и серебра. Общность этих двух халькофильных элементов подтверждается и высокими значениями коэффициента корреляции ($R_{Cu-Ag} = 0,85$).

Поликкомпонентный состав руд Вятской зоны позволяет выделить рудопроявления этой территории в особый нетрадиционный тип руд, соединяющий в себе черты формации медистых песчаников и сланцев с медь-серебряной минерализацией и черты, присущие черносланцевой формации с минерализацией золота и элементов платиновой группы (ЭПГ).

Сложный поликомпонентный и полиформационный спектр руд Вятской зоны определяет и сложную систематику этих руд. По условиям залегания, морфологии рудных тел и их составу выделяются два типа руд — конкреционный и рассеянный, которые, в свою очередь, подразделяются на монометалльные и полиметалльные. По содержанию полезных компонентов традиционно выделяются богатые, бедные и убогие руды.

Богатые медные руды конкреционного типа в значительной части сложены гидроксидами железа и карбонатами меди, в меньшей степени (5—10 %) — халькозином, купритом, ковеллином. Сопутствующие минералы — гетит, гематит, мельниковит, халькопирит. Среднее содержание меди в конкрециях — 25—27 %, вариации содержаний — от 2,7 до 40,7 %.

Бедные медные руды рассеянного типа представлены меденосными песчаниками,

реже субграувакками, песчаными известняками, мергелями. Наряду с малахитом и азуритом определены хромит, магнетит, апатит, циркон. Среднее содержание меди — 1,5 %, вариации содержаний от 0,71 до 2,0 %.

Убогие медные руды рассеянного типа сосредоточены в песчаниках, реже в мергелях. Среди песчаников преобладают субграувакки, арены. Минеральный состав руд — малахит, азурит в ассоциации с гетитом, гидрогетитом, хромитом, баритом, сидеритом. Содержания меди составляют от 0,39 до 0,67 %, среднее — 0,43 %.

Серебряные руды относятся к бедным и убогим рассеянного типа. Бедные руды локализованы в субграувакках, граувакках и редко в известняках. Среднее содержание серебра в них — 15,2 г/т, вариации содержаний — от 10,0 до 29,5 г/т. Убогие руды пользуются большим распространением, чем бедные. Спектр вмещающих их пород весьма широк (глины, песчаники, граувакки и субграувакки, известняки и мергели). Состав рудных минералов — малахит, азурит в ассоциации с магнетитом, хромитом, фосфатами. Содержание серебра колеблется от 2,0 до 3,5 г/т, среднее — 3,15 г/т.

Разнообразные осадочные породы с высоким содержанием золота, платины и палладия рассматриваются авторами как *благороднометалльные* руды. Богатые руды представлены рудоносными известняками и глинами, характерной чертой которых является обилие углефицированного растительного детрита (до 5 %). Среднее содержание суммы металлов в этих породах — 2,75 г/т, вариации содержаний от 2,0 до 3,5 г/т.

Среди *полиметалльных* руд выделяются разновидности, в которых одновременно в промышленно значимых количествах содержится медь, серебро, платина, палладий и золото. При этом имеет место устойчивый ряд сочетаний этих металлов, что позволяет выделять разновидности руд по составу.

Серебро-медные богатые руды конкреционного типа состоят из гидроксидов железа, а медная минерализация в них представлена, в основном, карбонатами меди. Медь сосредоточена в малахите и азурите, а серебро изоморфно распределено в ковеллине и халькозине. Среднее содержание меди — 36,7 %, вариации — от

2. Среднее содержание малых элементов в породах из меденосных отложений Вятской зоны (г/т)

Типы пород (субформации)	As	Sc	Pb	Zn	Sn	Mo	V	Cu	Ag	Ti	Co	Ni	Cr	Zr	Sr	Ba	Ba/Sr
<i>Серо-зеленая</i>																	
Известковые мергели	4,3	3,0	12	40	2,2	1,4	51	527	3,5	1837	19	44	79	56	355	197	0,55
Известняки	5,0	3,0	9	40	2,2	1,5	56	370	2,6	1960	9	40	34	49	278	244	0,87
Доломиты	—	5,0	4	15	1,5	1,5	40	550	1,5	1500	5	40	35	15	200	300	0,66
Доломитовые мергели	5,0	2,0	3,6	42	0,2	1,7	48	385	2,0	1800	15	46	82	52	240	64	0,27
Песчаники	9,0	9,0	1,0	41	3,8	1,6	84	222	1,7	3619	5	50	158	110	313	283	0,90
Глины	10,0	15,0	30,0	50	—	1,5	115	1530	3,0	2500	10	60	150	150	120	180	1,50
<i>Красноцветная</i>																	
Известковые мергели	9,0	11,0	19,0	87	2,7	1,7	122	1024	1,7	3380	16	58	95	87	420	245	0,58
Песчаники	8,0	10,0	3,0	36	2,0	1,5	75	110	0,14	5000	10	48	190	100	400	234	0,55
Глины	3,0	6	2,3	79	1,3	—	139	221	0,42	4420	12	53	125	127	266	235	0,88

28,9 до 46,4 %, среднее содержание серебра — 229,0 г/т, вариации — от 102,0 до 886,0 г/т.

Породы с рассеянным типом минерализации — известняки, мергели, глины и песчаники (богатые руды). Состав рудных минералов — малахит, азурит, халькозин, куприт; второстепенные — гетит, гематит, гидроксиды марганца, стронцианит, фосфаты. Среднее содержание меди в рассеянном типе руд — 5,9 %, вариации — от 2,2 до 17,89 %, среднее содержание серебра — 72,07 г/т, вариации — от 6,0 до 173,5 г/т.

Наиболее распространенными рудоносными породами серебро-медных бедных руд являются известняки и мергели, им заметно уступают песчаники, алевролиты и глины. Минеральный состав руд — малахит, халькозин, ковеллин. Среднее содержание меди в рудах — 1,0 %, вариации — от 0,7 до 2,0 %, среднее содержание серебра — 13,8 г/т, вариации — от 10,0 до 30,0 г/т.

Убогие серебро-медные руды практически идентичны вышеописанным, характерно лишь слабое ожелезнение вмещающих их пород. Среднее содержание меди — 0,43 %, вариации — от 0,3 до 0,6 %, среднее содержание серебра — 4,04 г/т, вариации — от 0,5 до 9,0 г/т.

Благородно-медно-серебро-медные руды пользуются довольно широким распространением в пределах Вятской зоны. Среди них также выделяются богатые, бедные и убогие руды различных типов.

Богатые руды конкреционного типа характеризуются преобладанием малахита и азурита, железорудная часть представлена гетит-гидрогетитовой массой. Содержание меди в рудах достигает 36,05 %, серебра — 320,0 г/т, золота — 0,193 г/т, платины — 0,02 г/т, палладия — 0,007 г/т.

Руды рассеянного типа пользуются большим распространением и сосредоточены в основном в алевролитах и глинах. Одним из характернейших примеров руд этого типа являются рудоносные глины Янцобинского участка. В этих глинах, обогащенных растительным детритом ($C_{орг.}$ — 2,6 %) и содержащих обособления гидроксидов железа и мелкие конкреции малахита, отмечаются следующие содержания цветных и благородных металлов: меди — 9,5 %, серебра — 25

г/т, палладия — 2,1 г/т, платины — 0,01 г/т, золота — 0,31 г/т.

Бедные руды представлены окисно-карбонатными гетит-малахитовыми конкрециями. Среднее содержание металлов: меди — 1,2 %, серебра — 10,8 г/т, золота — 0,04 г/т, платины — 0,019 г/т, палладия — 0,007 г/т.

Руды благородных металлов и меди относятся к группе богатых руд. Они представлены рудными конкрециями сульфидно-окисно-карбонатного типа. Среднее суммарное содержание золота, платины и палладия — 4,1 г/т, меди — 2,2 %.

Завершая характеристику полиметалльных руд и вмещающих металлоносных отложений Вятской зоны, остановимся на некоторых особенностях их генезиса. Специфический существенно карбонатный и полиметалльный состав руд не позволяет рассматривать их генезис с позиций какой-либо одной из известных моделей формирования стратиформных руд. Есть все основания считать эти руды сложными полигенными и полихронными, что является отражением пульсационного характера позднегерцинской тектоно-магматической активизации восточного сегмента Восточно-Европейской платформы. Исходя из этого, в процессе формирования поликомпонентной минерализации можно отметить ряд основных стадий.

Стадия седиментогенеза. Процесс седиментогенеза контролировался двумя факторами. Первый фактор связан с аутигенным минералообразованием, в процессе которого формировался тончайший агрегат зерен кальцита и гораздо реже доломита. Небольшое количество доломита и незначительное распространение гипса говорят о невысоком уровне засоленности бассейнов (лагун, стариц, лиманов), в которых происходило осаждение карбонатного осадка, а впоследствии — известковых и глинисто-известковых илов. Роль биоморфного кальцита в их составе была невелика.

Второй фактор связан с интенсивным привносом аллотигенного материала в осадочные бассейны. Состав обломочного материала был чрезвычайно разнообразным и часто менялся во времени: периоды привноса песчаного и алевритового материала перемежались с периодами привноса глинистого вещества.

Накопление глинистого вещества совпало с привносом растительного детрита. Масовое поступление тонкоизмельченных растительных остатков, равномерно рассеивающихся в глинисто-карбонатных илах, сменялось интенсивным поступлением растительного детрита (обрывки стеблей растений, фрагменты древесины), образующего значительные скопления в отдельных маломощных горизонтах карбонатных глин.

В итоге, именно процессы хемогенного и, в меньшей степени, биогенного осаждения карбонатного вещества в сочетании с привносом терригенного материала и растительного детрита определяли литологическое многообразие пород верхнеказанского подъяруса.

Особой проблемой позднеказанского, как, впрочем, и всего позднепермского седиментогенеза является вопрос об источниках терригенного материала. Полученные нами данные о значительном количестве разнообразного вулканомиктового материала в отложениях казанского яруса [2] подтверждают известное представление об «уральском сносе». Есть все основания считать, что, наряду с вулканомиктовым материалом, в мелководные бассейны, существовавшие на территории Вятско-Камской полосы, синхронно поступал и вулканокластический материал, выброшенный в позднепермское время из вулканических аппаратов, связанных с процессами тектоно-магматической активизации восточного сегмента Восточно-Европейской платформы [4].

Можно полагать, что интенсивный размыв и снос с Урала не мог не затронуть и многочисленные и разнообразные месторождения меди, серебра, золота и ЭПГ. Перечисленные металлы поступали как с вадозными, так и с ювенильными водами в виде коллоидов (медь, серебро) и в составе кластогенного материала (золото и ЭПГ) в мелководные бассейны, что и привело к концентрации данных металлов в отложениях казанского яруса. Интенсивному их накоплению в осадках мелководных бассейнов сопутствовал сложный рельеф прибрежной (приморской) равнины, выраженный в существовании изолированных или полуизолированных от моря мелководных бассейнов, периодически заливаемых водами моря. Эта особенность ландшафта, во мно-

гом определявшая основные черты осадконакопления на территории Вятской зоны, была обусловлена дифференцированными контрастными движениями блоков Вятско-Камской межрифтовой системы и, в частности, Татарской системы сводовых поднятий. В таких мелководных бассейнах возник особый гидродинамический режим, связанный со смешением морских и речных вод. Это создавало перепад окислительно-восстановительных условий и способствовало осаждению металлов.

Особым фактором, контролирующим осаждение меди и серебра, являлось обилие в осадках мелководных бассейнов глинистого вещества, выступавшего в качестве активного сорбента металлов. Произведенная нами глубокая дезинтеграция минерального вещества одной из проб рудной породы, включающая полное освобождение его от карбонатных минералов и органического вещества, позволила определить базовые содержания меди — 420 г/т и серебра — 0,03 г/т в глинистом матриксе. Важная роль глинистого вещества в процессе первичного накопления названных металлов видна также из особенно значительных содержаний перечисленных металлов в сероцветных глинах. В то же время весьма высокие концентрации этих металлов в мергелях показывают, что существует оптимальный уровень содержания карбонатного и терригенного материала, благоприятный для осаждения меди и серебра.

Несколько иначе происходило накопление золота и ЭПГ. Чрезвычайно неравномерное распределение этих металлов в отложениях казанского яруса и полное отсутствие корреляции золота и ЭПГ с медью и серебром позволяют предполагать, что их накопление в виде весьма тонкой взвеси кластогенного материала контролировалось, в основном, гидродинамическими условиями. Важную роль в накоплении золота и ЭПГ играл и растительный детрит, сорбирующий минеральные частицы микровзвеси на поверхности органических остатков.

Не отрицая идеи «уральского сноса», появление высоких концентраций металлов в водах мелководных бассейнов предположительно можно связать с их привносом из эндогенных источников. Последнее предположение опирается на структурный конт-

роль оруденения, связанный с совмещением Вятской зоны с Альжеевской, Сарайлинской и другими системами разломов, которые могли играть роль крупных рудоподводящих и рудоконтролирующих структур. В региональном плане пространственная сопряженность Вятско-Камской межрифтовой системы с Уралом, а также совпадение во времени тектонической активности авлакогенов с интенсивным тектоно-магматическим развитием названного складчатого пояса позволяют предполагать общность эндогенных процессов на этих территориях и, соответственно, общие черты металлогении.

Стадия диагенеза. В глинах, параллельно с уплотнением глинистого вещества, шло преобразование монтмориллонита в смешаннослойный минерал с высокой долей слюдистого компонента. В карбонатных породах формировался тончайший микритовый агрегат кальцита или доломита. С этой стадией связывается появление первых локальных рудных концентраций в пределах крупноамплитудных структурных ловушек. Проявлению диагенеза в верхнеказанских отложениях сопутствовали общие слабостановительные условия с образованием микроконкреций сульфидов меди (халькозин, ковеллин и очень редко борнит) и гидроксидов и оксидов железа (гетит, гидрогетит и несколько реже гематит). В отдельных горизонтах, сложенных карбонатными глинами, особо обогащенными растительным детритом, в восстановительной обстановке развивалась интенсивная пиритизация.

Диагенетические процессы способствовали также концентрации серебра и палладия. Серебро накапливалось в сульфидах меди, а палладий — в углеродистом веществе. Возможно, с этой стадией связано накопление и части золота, определяемого иногда в халькозине. В целом же на накопление основной массы благородных металлов диагенез не оказал особого влияния. Исключение составляет лишь накопление золота, платины, палладия в породах, отмеченных особенно интенсивной пиритизацией.

Эпигенетическая стадия. Состав минеральных ассоциаций, появившихся в эту стадию (малахит I и II, азурит, куприт, тенорит) показывает, что эпигенетические

процессы развивались в условиях сильного окисления при чрезвычайно высоком химическом потенциале CO_2 . Значительные объемы появившегося в эту стадию медно-карбонатного минерального вещества позволяют предполагать привнос меди и, в меньшей степени, серебра водно-карбонатными растворами в виде сложных гидрокарбонатных соединений. Это рудное вещество могло быть мобилизовано и привнесено из более глубоких горизонтов.

Массоперенос в столь ощутимых масштабах на стадии эпигенеза может быть объяснен наличием повышенного теплового фона в пределах Вятской зоны, вызванного совмещением Вятской зоны с системой разломов — возможных проводников горячих тепло-флюидных потоков. Еще одним гипотетическим источником тепла могли быть ранее упомянутые вулканические очаги, существовавшие, вероятно, в Предуралье. Повышенный тепловой фон и наличие тектонически проницаемых зон способствовали мобилизации и ремобилизации рудного вещества водами самого различного типа. Это могли быть остаточные седиментогенные, катагенные воды и, наконец, воды, связанные с залежами девонско-каменноугольной нефти Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна.

Воды этой гидросистемы растворяли известняки нижнеказанского подъяруса, о чем свидетельствуют многочисленные полости растворения. Гидролиз и диссоциация кальцита известняков приводили к появлению газоводного раствора, обогащенного углекислым газом, температура которого могла достигать 60—100°C. Он отличался высокой агрессивностью и способностью растворять первичные сульфидно-медные руды, залегающие в нижнеказанском подъярусе. Медь и серебро — активные мигранты — перемещались с этими водами в более высокие горизонты верхнеказанского подъяруса, где падение температуры и снижение восстановительного потенциала приводили к выпадению меди в виде карбонатов (малахита и азурита) и оксидов (куприта и тенорита), либо избиравших скопление сульфидных протоконкреций, либо образующих самостоятельные примитивные незональные стяжения.

В результате проявления эпигенетиче-

ского процесса было завершено формирование наиболее богатых конкреционных серебряно-медных руд. На появление же крупных концентраций золота и ЭПГ этот процесс не оказал особого влияния, и можно предположить, что появление локальных крупных содержаний этих металлов связано с первичными условиями концентрирования.

В заключение отметим, что в целом рудопроявления Вятской зоны, сохраняя черты, присущие месторождениям медистых песчаников и сланцев, характеризуются и рядом специфических особенностей. К ним относятся, прежде всего, особенности сформировавшихся при слабо восстановительном режиме минеральных ассоциаций — отсутствие борнита, халькопирита и ограниченное распространение пирита в рудах.

Кроме того, формирование вятских руд в значительной мере связано с инфильтрационно-метасоматической карбонатизацией, обусловившей образование своеобразной карбонатной меднорудной шляпы над системой рудных залежей казанского яруса.

Другой специфической чертой рудоносных пород Вятской зоны является присутствие в них золота и ЭПГ, содержания которых сопоставимы с рудными содержаниями в черных сланцах. Однако благородным металлам в вятских рудах сопутствуют халькофильные медь и серебро, тогда как в черных сланцах их роль незначительна. Соответственно ярко выраженный халькофильный профиль руд определяет и некоторое преобладание халькофильного металла палладия над сидерофильным металлом платиной. В черных сланцах с отчетливо выраженным сидерофильным профилем наблюдаются обратные соотношения между этими элементами. Отличаются рудоносные породы Вятской зоны от черносланцевых формаций и по морфологии руд. В метаморфизованных черных сланцах благородные металлы из рассеянного состояния перешли в сгруппированное. В рудах Вятской зоны метаморфизм не был проявлен, и рудное вещество здесь находится в первичном, возможно кластогенном, состоянии. Кроме того оно могло изоморфно входить в пирит, распространенный в горизонтах с особенно высоким восстановительным потенциалом.

Как следует из изложенного, формирование поликомпонентных руд в чехле платформы обеспечивалось сочетанием двух условий. Первое условие — наличие благоприятных структурно-тектонических элементов (внутриконтинентальных рифтовых структур — авлакогенов), развитие которых в условиях компенсационного сжатия обуславливает возникновение зон повышенной проницаемости как возможных путей поступления металлоносных растворов. Последние могут представлять собой как системы вадозных вод, извлекающих из осадочных пород рудные компоненты, так и системы ювенильных (глубинных) растворов с привносимыми этими водами элементами.

Второе условие — формирование крупноамплитудных ловушек, способствующих отложению, ремобилизации и окончательной локализации рудного вещества в тектонических условиях сжатия при ведущей роли глубинных разломов. Рудообразующая роль глубинных разломов выражается прежде всего в обеспечении эпигенетических преобразований пород, а также формировании тектонических структур, благоприятных для локализации металлов. Характер размещения и минеральный состав оруденения связаны с процессами осадконакопления, диа- и эпигенеза и могут рассматриваться как характеристики второго порядка, подчиненные развитию глубинных разломов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валеев Р.Н. Тектоника и минерагения рифея и фанерозоя Восточно-Европейской платформы. — М.: Недра, 1981.
2. Вулканомиктовый материал в меденосных отложениях верхнеказанского подъяруса и его роль в позднепермском седиментогенезе и металлогении. Авторы: А.М.Месхи, С.Г.Глебашев, Ф.А.Закирова, В.Г.Чайкин / Пермские отложения Республики Татарстан (геология, геофизика и полезные ископаемые). — Казань, 1996. С. 174—180.
3. Литолого-петрографические и минералого-геохимические особенности позднепермских меденосных отложений Вятской зоны. Авторы: В.Г.Чайкин, С.Г.Глебашев, Ф.А.Закирова и др. / Пермские отложения Республики Татарстан (геология, геофизика и полезные ископаемые). — Казань, 1996. С. 168—173.
4. Чайкин В.Г. Основные этапы тектоно-магматической активизации Восточно-Европейской платформы // Геотектоника. 1986. № 1. С. 42—54.

V. G. Chaikin, S. G. Glebashev, F. A. Zakirova, A. M. Meskhi, A. I. Shevelev

METALLOGENY OF THE VYATSKAYA ZONE IN THE EAST EUROPEAN PLATFORM

Lithofacial and structural-tectonic conditions that governed the formation and localization of complex multicomponent ores of the Vyatskaya zone have been determined. Proceeding from bedding conditions, morphology and composition of orebodies, and commodity concentrations, the classification of these ores is proposed.

УДК 553.3:553.41/470.52/

© Коллектив авторов, 1997

О НОВОМ ТИПЕ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

С. Г. КОВАЛЕВ, В. И. СНАЧЕВ, И. В. ВЫСОЦКИЙ, М. В. РЫКУС (ИГ УНЦ РАН)

Для западного склона Южного Урала выделена сложнодислоцированная углеродсодержащая толща с промышленно значимыми содержаниями золота. В ней обнаружена нехарактерная для региона минерализация, представленная самородным оловом. В качестве примесей в олове обнаружены платиноиды. Делается вывод о широком распространении данной минерализации в пределах региона.

В результате научно-исследовательских и поисково-съёмочных работ, выполненных в последние годы в различных регионах мира, были открыты ранее не известные месторождения благородных металлов в углеродсодержащих осадочно-метаморфических черносланцевых комплексах, которые к настоящему времени относятся к одному из самых перспективных типов месторождений на золото и элементы группы платины.

Как установлено исследованиями последних лет, данные образования имеют относительно широкое географическое распространение и приурочены к различным стратиграфическим уровням — от протерозоя до раннего мезозоя [4, 6]. Месторождения этого типа различаются между собой по масштабам оруденения, морфологии рудных тел, интенсивности гидротермально-метасоматической проработки вмещающих пород и, как следствие, по концентрации в них полезного компонента. В то же время большинство из них характеризуется рядом специфических особенностей: пластообразным (стратиформным) характером оруденения, ассоциацией

с осадочными углеродсодержащими породами, а также многокомпонентностью самих руд при относительно невысоких средних содержаниях ряда полезных компонентов, в частности, золота и платиноидов. В.В. Дистлер и др. [6] подразделяют данные месторождения по морфологическим признакам на две группы. Первая включает в себя крупные месторождения, в которых рудная минерализация образует зоны мощностью в десятки, а иногда и первые сотни метров при значительной протяженности (до первых километров). Вторая группа представлена месторождениями с рудными телами небольшой мощности (первые сантиметры), но значительной протяженности и с высокими концентрациями полезного компонента.

В пределах западного склона Южного Урала рудоносность и специфическая минерализация данных образований ранее практически не изучались. При выполнении научно-исследовательских работ на этой территории нами были получены геологические материалы и результаты минералого-геохимических исследований, позволяющие с

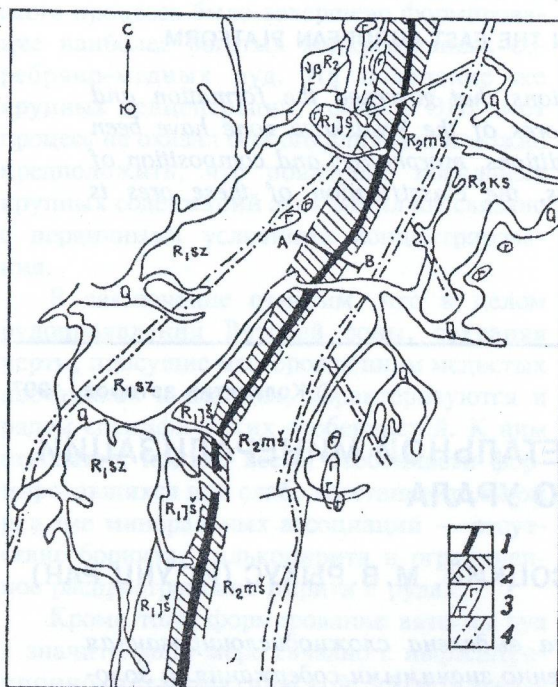


Рис. 1. Геологическая схема северной части Ишлинского грабена (по В.П.Парначеву и др., 1986, с дополнениями авторов).

1 — сложнодислоцированная углеродсодержащая толща; 2 — метаморфизованные диабазы, обрамляющие углеродсодержащую толщу; 3 — разновозрастные интрузивные габбро-диабазы; 4 — разрывные нарушения; названия свит: sm — суранская, kz — кзылташская; ms — машакская; is — юшинская.

большой долей уверенности говорить о принадлежности этих образований к металлоносной черносланцевой формации со специфической для этого региона минерализацией.

Изученный объект расположен в северной части Ишлинского грабена, в полосе развития вулканогенно-осадочных отложений машакской свиты среднего рифея. Он представляет собой узкую (до 100—150 м) зону субмеридионального простираения, прослеженную на расстояние около 20 км. В плане зона представлена сильно дислоцированной, рассланцованной толщей углеродистых сланцев с относительно редкими прослоями алевролитов и алевропесчаников, насыщенных кварцевыми прожилками различной формы и размеров, с обильной сульфидной минерализацией (как в прожилках, так и во вмещающих их сланцах). Эта толща

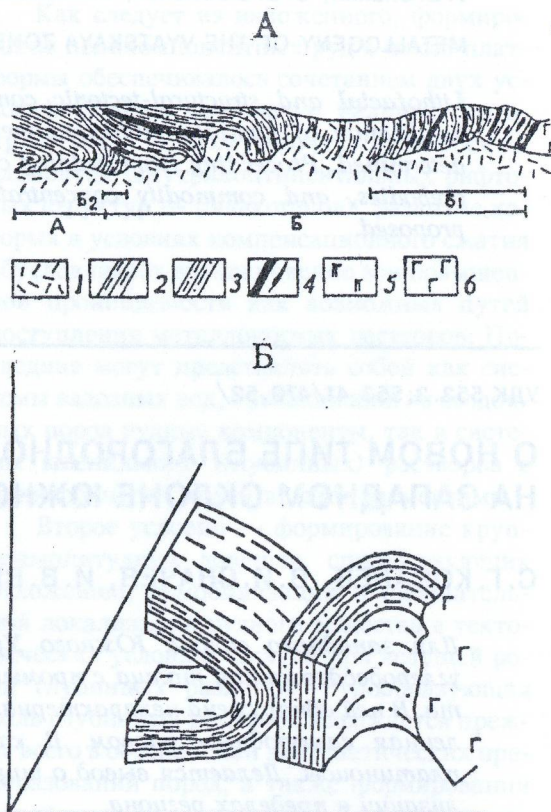


Рис. 2. Разрез сложнодислоцированной углеродсодержащей толщи (А) и структурная реконструкция ее тектонических деформаций (Б).

1 — задернованные участки (осыпи); 2 — хлорит-серпичитовые сланцы; 3 — углеродсодержащие сланцы; 4 — кварцевые жилы; 5 — аподиабазовые(?) мусковитсодержащие породы; 6 — метаморфизованные диабазы.

пород зажата между двумя телами диабазов, которые участками сильно изменены (рис. 1).

Структурная реконструкция пликативных и дизъюнктивных деформаций этой зоны, изображенная на рис. 2, А, показывает, что сланцы сложно дислоцированы и образуют две лежащие складки, оси которых взаимно перпендикулярны. Сочленение этих складок представлено разрывным нарушением, выраженным в разрезе участком полностью дезинтегрированных пород.

Разрез средней части зоны (с северо-запада на юго-восток по азимуту 140°) характеризуется следующим строением (рис. 2, Б):

1. Интервал А представлен зеленовато-коричневыми выветрелыми хлорит-серицитовыми сланцами, смятыми в лежачую складку. На контакте с вышележащими породами они рассланцованы, а в кровле картируется прослой песчаников мощностью до 5 см. На контакте с черными сланцами в этих породах отмечается зонка брекчирования (до 10 см), выполненная дресвой кварца, сцементированного алевритистой массой охристого цвета.

2. Интервал Б сложен сажистыми, жирными на ощупь черными сланцами, по плоскостям напластования в которых фиксируются тонкие пленки ожелезнения. Породы сильно дислоцированы, смяты в мелкие складки и очень часто сплоены. В них отмечаются зонки милонитизации, окварцевания и обильные пустоты выщелачивания сульфидов. Первые из них представлены, как правило, сильно обохренным глинистым веществом с дресвой ожелезненного бурого кварца.

Кварцевые жилы, распространенные в пределах интервала B_1 , крайне разнообразны по своим морфологическим признакам, мощности и степени насыщенности сульфидами. Очень часто они будинированы и занимают секущее положение по отношению к полосчатости вмещающих пород. В некоторых случаях наблюдается четко проявленное обогащение зальбандов кварцевых жил сульфидами или гидроксидами железа. В этом же интервале расположено дайковое тело измененных (аподиабазовых?) зеленовато-серых серицитизированных пород с относительно крупными (до 0,5 см) чешуйками светлой слюды (мусковита) в количестве до 10—15 %. Они также будинированы, а в кварцевых жилах, приуроченных к экзоконтактам этого тела, наблюдаются маломощные (до 2—3 см) зонки обогащения игольчатыми кристалликами рутила размером до 3 см и в количестве не более 10 %.

Магматические породы представлены серицитизированными, хлоритизированными и отчасти карбонатизированными диабазами с редкими реликтами призм клинопироксена и псевдоморфозами по плагиоклазу лейстовидной формы. Иногда в них фиксируются небольшие (первые сантиметры) обособления неправильной формы, выполненные мелкозернистым агрегатом сфена.

Довольно часто встречаются кристаллики и ксеноморфные выделения магнетита. В эндоконтактной зоне диабазы осветлены и сильно изменены, до исчезновения текстурно-структурных признаков, присущих магматическим образованиям. Они ожелезнены и «набиты» мелкими (0,5—1 мм) пустотками выщелоченных сульфидов.

Рудная минерализация в интервале B_1 представлена, как уже отмечалось выше, вкрапленностью (от убогой до обильной) и гнездообразными включениями в значительной степени измененного (лимонитизированного) пирита размером до 0,5—0,8 мм в количестве до 3—4 %. Его состав (% по массе): Fe — 45,07; S — 53,44; Au — сл.; Ag — 0,28; V — 0,15; Pb — 1,06.

Анализ содержаний золота и серебра в различных разновидностях пород этой зоны, полученных пробирным методом по штучным образцам, показывает, что максимальные их количества приурочены к ожелезненному, лимонитизированному жильному кварцу, или к участкам разреза, в которых черные сланцы претерпели наиболее сильную гидротермально-метасоматическую проработку (кварц-лимонитовые метасоматиты). В них отмечены максимальные содержания золота (до 2,4 г/т) и серебра (до 10,4 г/т). Устойчиво повышенные содержания этих элементов установлены и в менее измененных породах этой зоны (табл. 1).

Единичные определения содержаний элементов группы платины, выполненные атомно-абсорбционным методом в химико-спектральной лаборатории ЦНИГРИ (аналитик Т.В.Пучкова), показали, что в ожелезненных кварцевых жилах (интервал B_2), приуроченных к зоне разлома, содержания Os составляют 0,005 г/т и Ru — 0,006 г/т, а в сульфидизированных черных сланцах приконтактной зоны дайки диабазов (интервал B_1) установлено 0,05 г/т Pt и 0,004 г/т Os.

При промывке проб-протолок углеродистых сланцев (интервал B_1) были обнаружены единичные зерна белого металла неокатанно-пластинчатой, неправильно-комковатой формы размером до 0,5×1 мм. Изучение химического состава этих образований на микрозонде показало, что они представлены самородным оловом, зерна которого в сканирующем пучке электронов

1. Содержания Au и Ag в углеродсодержащих породах (в г/т)

Название породы	Au	Ag
Черный сланец, слабо ожелезненный	0,2	2,6
Ожелезненный жильный кварц	0,8	2,8
Метадиабаз	0,1	1,5
Ожелезненный, лимонитизированный жильный кварц с сульфидами	2,4	10,4
Углисто-глинистый сланец	0,2	—
Углисто-глинистый сланец окварцованный	0,5	0,5
Углисто-глинистый сланец окварцованный	0,2	5,8
Ожелезненный жильный кварц	0,1	3,7
Ожелезненный жильный кварц	0,3	2,8
Ожелезненный жильный кварц	0,2	0,8
Окварцованный углисто-глинистый сланец	0,3	0,9
Ожелезненный углеродистый метасоматит	0,2	0,6
Углисто-глинистый сланец с сульфидами	0,2	0,8
Углисто-глинистый сланец	0,1	8,7
Углисто-глинистый сланец с кварцем	0,2	1,1
Ожелезненный кварц из углистых сланцев	0,3	2,8
Углисто-глинистый сланец	0,2	сл.
Углисто-глинистый сланец	0,1	1,8
Углисто-глинистый сланец	0,1	0,1
Углисто-глинистый сланец с сульфидами	0,1	1,3
Окварцованный углисто-глинистый сланец	0,1	1,8
Кварц из углисто-глинистых сланцев	0,1	1,2
Кварц из углисто-глинистых сланцев	сл.	0,5
Кварц из углисто-глинистых сланцев	сл.	2,6
Ожелезненный метасоматит	0,3	—

Примечание. Анализы выполнены в аналитической лаборатории Миндякского рудника пробирным методом. Аналитик Н.М.Кирсанова.

обнаруживают неоднородное строение, подразделяясь на светлую и темную фазы (структуры распада твердых растворов).

Как видно из таблицы 2, рассматриваемые образования представлены двумя видами металлических соединений на основе олова, различающихся по содержанию примесных элементов.

Анализ распределения компонентов по светлой (А) и темной (Б) фазам показывает, что в фазе Б сконцентрированы благородные металлы, титан, медь, сурьма и отчасти сера, свинец и цинк, в то время как светлая фаза (А) является концентратом сидерофильных элементов (Fe, Cr, Ni, Co и V), а также характеризуется большим количеством олова.

Ранее Л.В.Разиным и С.С.Боришанской [5] для месторождения Норильск-1 было установлено, что самым распространенным платиновым минералом, встречающимся во всех разновидностях вкрапленных руд, является природный сплав палладия и олова с

платиной, который содержит заметные примеси меди, родия и небольшие количества (следы) золота, серебра и свинца [5].

В.Г.Гуровичем с соавторами [1] при изучении Кондерского массива выявлены интерметаллические фазы платины и палладия (Pt(Cu, Sn) и Pd(Cu, Zn)), завершающие, по мнению авторов, процесс кристаллизации платиноидов этого массива.

В.В.Дистлером и др. [6], исследовавшими формы нахождения минералов группы платины в золоторудном месторождении Сухой Лог, установлено, что олово, кроме самородной формы, фиксируется в составе двойных и тройных металлических твердых растворов переменного состава (Ni, Sn), (Pb, Sn), (Sb, Sn), (Pb, Sn, Sb), а свинец образует твердый раствор свинец-олово, теллуризмутид серебра и свинца, теллуризмутид палладия и серебра. В этой же работе описываются сростания самородного олова и свинца с фазой (Ni, Sn).

Представляется вероятным, что и в на-

2. Содержания элементов-примесей в твердых растворах оловосодержащих сплавов из углеродсодержащего разреза (1—5) (% , по массе) и в аллювии р.Сухая Кургашля (6, 7)

	1(Б)	2(А)	3(Б)	4(А)	5(Б)	6(Б)	7(А)
Au	—	—	сл.	—	—	—	—
Ag	0,99	сл.	1,11	—	—	0,55	0,43
Pt	сл.	—	—	—	—	—	—
Pd	1,14	сл.	1,27	—	—	—	—
Ir	сл.	—	—	сл.	—	сл.	сл.
Rh	1,09	—	1,21	—	—	—	—
Fe	—	0,25	—	0,96	сл.	—	—
S	1,13	0,13	1,4	0,25	0,17	сл.	—
Cr	—	—	—	6,28	0,99	—	—
Cu	0,57	0,36	0,84	0,93	3,45	5,96	сл.
Ni	—	0,25	—	сл.	—	—	—
Ti	0,69	сл.	сл.	—	0,24	0,35	сл.
Co	—	0,3	—	—	—	сл.	—
V	—	0,24	—	—	—	—	—
Sn	87,21	94,06	78,42	91,58	91,25	92,14	98,10
Sb	1,57	1,15	1,65	сл.	2,33	сл.	1,34
As	1,85	сл.	—	сл.	—	—	—
Pb	3,82	3,78	14,01	—	сл.	—	сл.
Zn	—	—	—	—	1,57	1,0	—
Σ	100,06	100,52	99,91	100,00	100,00	100,00	99,87

Примечание. 1—3 — первое зерно; 4—5 — второе зерно. А — светлая фаза; Б — темная фаза. Определения сделаны на рентгеноспектральном микроанализаторе JSM-840 с приставкой Link-8000 при напряжении 20 кВ и времени накопления 50 сек в Институте сверхпластичности металлов, г.Уфа. Расчеты произведены по стандартной программе ZAF.

шем случае мы имеем дело с близкими к этому типу соединениями. Различия же в составах минералов на основе олова (обнаруженных нами и перечисленных выше), вероятнее всего, обусловлены своеобразными физико-химическими условиями образования этих соединений, присущих конкретным обстановкам.

Ранее при шлиховом опробовании руслового аллювия р.Сухая Кургашля (правый приток р.Белой), размывающей отложения байназаровской, кургашлинской и криволюкской свит венда, а также глинистых сланцев с прослоями известняков силура, нами были обнаружены многочисленные зерна белого металла размерами до 1 мм неправильно-уплощенной, реже комковатой формы иногда в сростках с кварцем и плагиоклазом. Изучение данных образований на рентгеноспектральном микроанализаторе показало, что по химическому составу они близки к описанным выше соединениям (см. табл. 2). Зерна этого металла также характеризуются наличием двух фаз, одна из которых является, по сути дела, самородным

оловом с небольшими примесями сурьмы и серебра, а вторая фаза обогащена Cu, Zn, Ag и Ti. В целом распределение элементов по фазам очень близко для всех вышеописанных подобных соединений. Это позволяет предполагать, что данный тип минерализации имеет широкое площадное распространение в пределах западного склона Южного Урала.

Известно, что углеродсодержащие сланцы часто содержат сингенетичные выделения пирита и характеризуются фоновыми либо кларковыми содержаниями благородных металлов. В то же время данные отложения, приуроченные к тектоническим зонам (сложнодислоцированным участкам), при наличии даек или субогласных тел диабазов (габбро-диабазов), как правило, характеризуются повышенными (до промышленных) содержаниями золота и платиноидов. На наш взгляд, механизм формирования золото-платинометальной минерализации довольно сложен. С одной стороны, он обусловлен поступлением рудообразующих элементов по зонам тектонических наруше-

ний вместе с метасоматизирующими флюидами в момент становления магматических тел. С другой стороны, происходили миграция, перераспределение и накопление (формирование собственных минеральных форм и вхождение в другие минералы в виде примесей) благородных металлов, изначально присутствующих в углеродсодержащих породах на кларковом уровне. Детально механизм этого процесса рассмотрен П.Ф.Иванкиным с соавторами [2], которые показали, что главенствующая роль в нем принадлежит углеродистому метасоматозу (либо повышенной активности углерода в момент метаморфо-метасоматической проработки пород), перенос же благородных металлов происходит в виде сложных соединений.

Подводя итог всему изложенному выше, следует еще раз подчеркнуть, что обнаруженное нами в углеродсодержащих сланцах олово с хорошо выраженной структурой распада металлического раствора содержит элементы группы платины в количестве до 2,3 % (суммарно). Кроме того, в самих породах отмечены промышленно значимые концентрации золота. Все это указывает на новый тип благороднометальной минерализации, выявленной в пределах западного склона

Южного Урала, и позволяет проводить аналогии с уже известными объектами, приуроченными к углеродсодержащим комплексам различных регионов мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология, петрология и рудоносность Кондерского массива. Авторы: В.Г.Гурович, В.Н.Землянухин, Е.П.Емельяненко и др. — М.: Наука, 1994.
2. Иванкин П.Ф., Иншин П.В., Назарова Н.И. Форма переноса и условия отложения золота в "черносланцевых" зонах (в связи с задачами поиска и оценки месторождений) // Тр. ЦНИГРИ. 1984. Вып. 184. С. 71—79.
3. Парначев В.П., Ротарь А.Ф., Ротарь З.М. Среднерифейская вулканогенно-осадочная ассоциация Башкирского мегантиклинория (Южный Урал). — Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986.
4. Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов // Сборник научных трудов. — М.: АО "Геоинформмарк", 1994.
5. Разин Л.В., Боршанская С.С. Минеральные формы нахождения платиновых металлов и золота во вкрапленных рудах месторождения Норильск-1 // Тр. ЦНИГРИ. 1970. Вып. 87. С. 209—237.
6. Форма нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золоторудном месторождении Сухой Лог (Россия). Авторы: В.В.Дистлер, Г.Л.Митрофанов, В.К.Немеров и др. // Геология рудных месторождений. 1996. Т. 38. № 6. С. 467—484.

S. G. Kovalev, V. I. Snachev, I. V. Vysotsky, M. V. Rykus

ON A NEW TYPE OF PRECIOUS METAL MINERALIZATION IN THE WESTERN SLOPE OF THE SOUTH URALS

Gold-bearing deformed black shales containing unusual native tin mineralization were discovered by the authors in the western slope of the South Urals. Native tin contains admixed platinum metals. This mineralization is widespread in the region.

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.494:551.35.351

© Н. Г. Патык-Кара, Е. Г. Бардеева, 1997

МЕТОД АКТУАЛИЗМА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ОБСТАНОВОК ФОРМИРОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ ТИТАН-ЦИРКОНИЕВЫХ РОССЫПЕЙ

Н. Г. ПАТЫК-КАРА, Е. Г. БАРДЕЕВА (ИГЕМ РАН)

Показано, что реконструкция обстановок формирования ископаемых титан-циркониевых россыпей включает: определение однородных литодинамических единиц палеоберега, в которых локализируются россыпи; учет факторов, определяющих характер циркуляции водных масс, волноприбойную деятельность и особенности дифференциации наносов; выявление локальных структур, контролирующих положение россыпных залежей; анализ пострудных процессов, вызывающих перераспределение полезных компонентов и влияющих на структуру россыпного месторождения.

Палеогеографический анализ, основанный на изучении литолого-фациальных особенностей осадков и предполагающий восстановление литодинамической среды, климата, рельефа и морфоструктуры периода осадконакопления, составляет одну из основ при изучении и прогнозе ископаемых прибрежно-морских россыпей (ПМР) тяжелых минералов — ильменита, рутила, циркона (Л.Б.Рухин, Н.М.Страхов, Г.С.Момджи, М.Ф.Веклич, С.И.Гурвич, В.А.Блинов и др.). Именно этот подход, основанный на поиске и изучении древних высокозрелых кварцевых терригенных осадочных формаций — аналогов осадкам современных морских (океанических) побережий, к которым приурочены крупнейшие в мире комплексные россыпи тяжелых минералов, позволил создать в нашей стране в конце 50-х и в 60-е годы собственную минерально-сырьевую базу титан-циркониевых россыпей [4].

Как известно, в региональном плане все крупнейшие провинции комплексных прибрежно-морских россыпей тяжелых минералов, связанных с современными побережьями, располагаются в пределах выровненных аккумулятивных берегов зрелой стадии развития (восточное побережье Австралии, Атлантическое побережье США, юго-западное побережье Индии и др.) [1, 2, 14, 15, 16 и

др.]. Другая, менее обширная, но тоже достаточно продуктивная группа россыпей приурочена к активно выравниваемым абразионно-аккумулятивным берегам (месторождения о.Шри-Ланка, побережья Китая и др.). В отдельных случаях продуктивны также дельтовые берега, на которых формирование россыпей происходит при существенном влиянии неволновых факторов. Расчлененные абразионно-аккумулятивные берега, как и выровненные абразионные, являются «запрещенными» обстановками для формирования россыпей данного типа.

Это положение особенно важно иметь в виду при реконструкции ископаемых россыпей, поскольку тектонические уступы, срезающие рудные залежи и возникшие как результат пострудных деформаций (например, на Обуховском месторождении [7]), иногда трактуются ошибочно как абразионные уступы.

Приходится сталкиваться также с тем, что при палеорекострукциях ископаемых ПМР локальные обстановки их формирования зачастую остаются вне сферы детального анализа и описываются с использованием общих понятий, как то «пляжевая зона», «подводный склон», «дельта», хотя именно локальная литодинамическая и геоморфологическая обстановки влияют на конфигура-

цию, внутреннюю структуру и продуктивность россыпного месторождения тяжелых минералов, определяя (наряду с другими факторами) параметры рудных залежей и пластов, их число, взаимное положение и пр.

Для выяснения того, что представляет собой локальная геоморфологическая и литодинамическая единица, определяющая положение комплексных ПМР (по аналогии с «формой-коллектором» россыпей ближнего сноса), обратимся к понятию «литодинамической системы» (другое название — «динамическая единица берега», неполный эквивалент — *littoral cell*), под которыми понимаются «...крупные участки береговой зоны с независимым от других аналогичных участков режимом и бюджетом наносов» [5]. Каждая из таких единиц начинается либо абразионным участком скалистого берега с ограниченным поступлением наносов, либо устьем реки, откуда и берет начало поток вдоль береговых наносов. Вогнутые участки береговой линии, ограниченные мысами или устьями рек, участки берега, блокированные островами или отмелями, где создаются условия для конвергенции потоков наносов и, как следствие, для образования аккумулятивных форм, являются наиболее типичными локальными обстановками формирования комплексных ПМР тяжелых минералов. Можно привести еще ряд примеров различных обстановок для ископаемых ПМР России и других стран СНГ: выровненные аккумулятивные берега сарматского бассейна на территории Украины (россыпи Малышевская и Волчанская) (рис. 1); выравниваемые абразионно-аккумулятивные берега чеганского бассейна в Северном Казахстане (Обуховская россыпь и др.) (рис. 2); мелководья, изобилующие островами и банками в северной части батского моря на территории Центральной России (Лукояновская группа россыпей) (рис. 3). В каждом из этих случаев локализация индивидуальных месторождений или россыпных полей контролируется названными выше однородными динамическими единицами берега.

Следующий фактор, который обобщенно может быть определен как структурно-энергетическая обстановка, также чрезвычайно важен при палеореконструкции об-

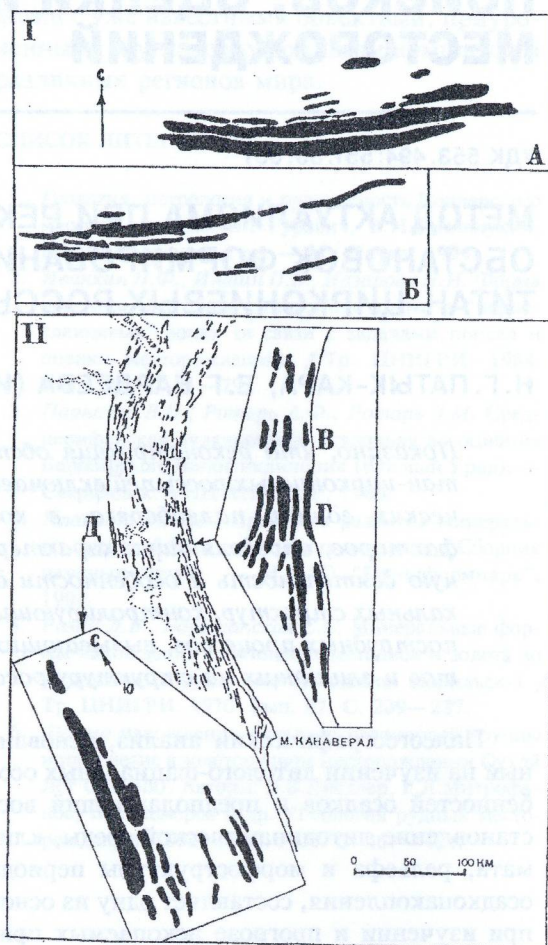


Рис. 1. Строение зрелых выровненных аккумулятивных берегов современного Атлантического побережья США [11] и южного побережья сарматского палеобассейна в Днепровско-Донецком прогибе (Приднепровская россыпная провинция Украины, по данным С.Н.Цымбала и др.).

I — россыпи сарматского бассейна в Днепрово-Донецком прогибе: А — Сомотканская, Б — Волчанская; II — россыпи юга Атлантического побережья США (Северо-Американская титаноносная провинция): В — Джексонвилл, Г — Грин Кав Спрингс, Д — Трайл Ридж.

становок формирования ископаемых россыпей тяжелых минералов. Он учитывает тектоническую позицию побережья и, как следствие этого, ранг и размеры бассейна, определяющие характер циркуляции водных масс и энергетические характеристики волнового поля, т.е. распределение волновой энергии в пространстве и времени, а в применении к россыпям — прибрежные волновые энергетические характеристики [5]. В

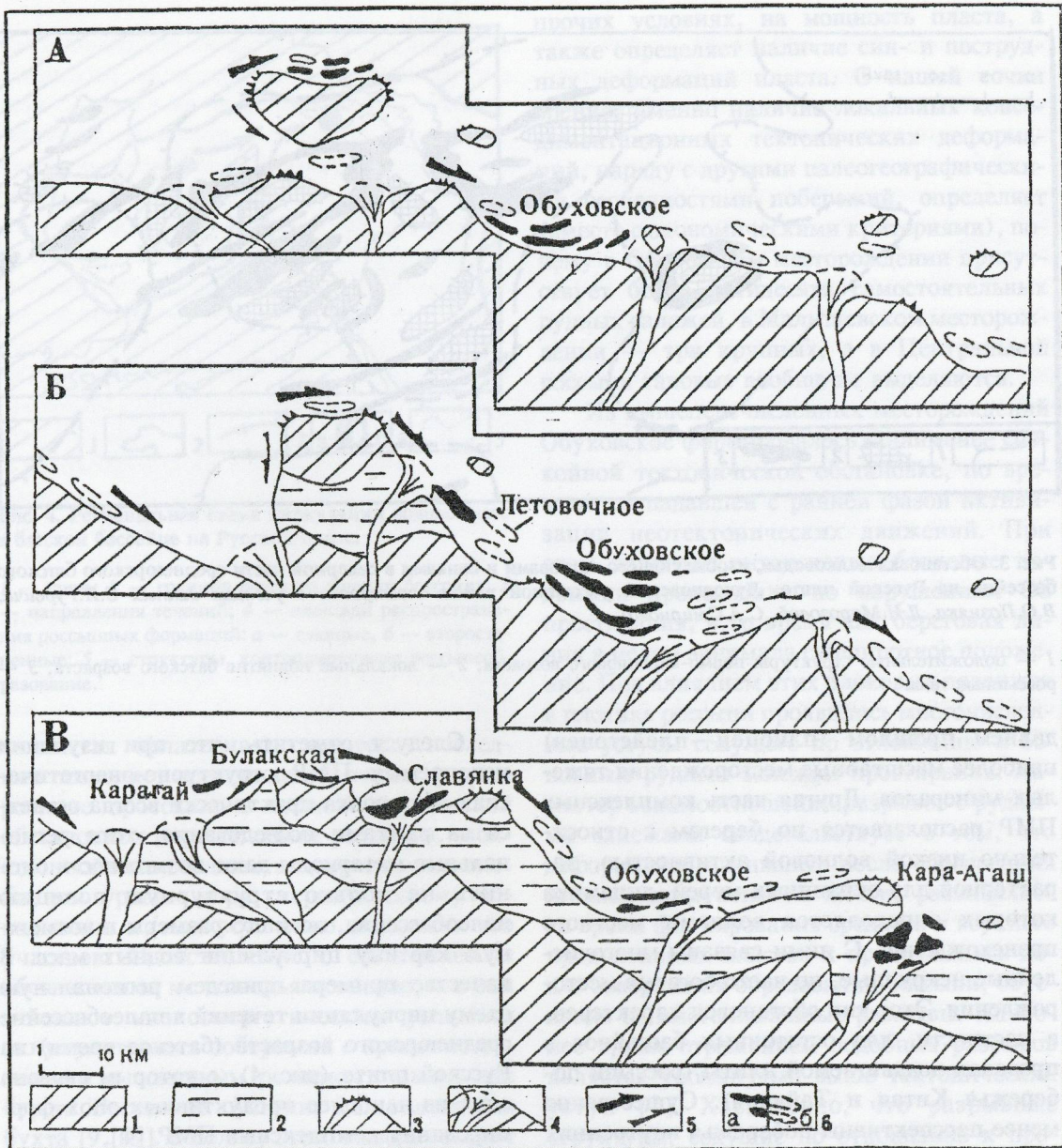


Рис. 2. Реконструкция выравниваемых абразионно-аккумулятивных берегов эоценового чеганского палеобасейна в различные этапы в северном обрамлении Кокчетавской глыбы и положение в них россыпей.

Этапы развития чеганской трансгрессии: А — раннечеганский, Б — среднечеганский, В — позднечеганский; 1 — суша, сложенная коренными породами; 2 — аккумулятивная равнина; 3 — абразионные мысы; 4 — дельты; 5 — направление потоков наносов; 6 — россыпи: а — установленные, б — реконструированные.

совокупности они могут рассматриваться как эффект воздействия на береговую зону волнений и приливов (волноприливное поле).

подавляющее большинство промышленных месторождений мира располагается

на открытых океанических побережьях пассивных континентальных окраин, подверженных длиннопериодическим волнам типа зыби, которая обеспечивает массовую подачу к берегу наносов с подводного склона. Именно здесь возникают и возникали в не-



Рис. 3. Обстановка мелководья, изобилующего островами и банками в северной части среднеюрского батского бассейна на Русской плите. Лукояновский россыпной район (построено с учетом данных С.И.Гурвича, В.О.Позняка, Л.Н.Морозовой, С.А.Смирнова).

1 — положительные структуры пермо-карбонового возраста; 2 — локальные поднятия батского возраста; 3 — россыпные тела.

давнем прошлом (плиоцен—плейстоцен) наиболее масштабные месторождения тяжелых минералов. Другая часть комплексных ПМР располагается по берегам с относительно низкой волновой активностью, характерной для окраинных морей, динамика которых определяется волнами местного происхождения. С ними связаны многочисленные некрупные, но часто богатые месторождения. Этот тип обстановок характерен, в частности, для остаточных бассейнов в пределах поддвигаемой плиты (россыпи побережья Китая и Тайваня). Существенно менее перспективны побережья внутренних морей в пределах плитных структур с значительно подавленной волновой деятельностью (Балтика, Азовское море). Дальнейшее уменьшение размеров водоемов не только влечет за собой ослабление волновой деятельности на фоне возрастания роли неволновых факторов дифференциации обломочного материала, но и сопровождается сокращением области питания, уменьшением объема перерабатываемого материала, что является отрицательным фактором для россыпеобразования данного типа. Как было рассмотрено нами ранее [6], эти водоемы более благоприятны для формирования россыпей ближнего сноса.

Следует отметить, что при изучении ископаемых ПМР структурно-энергетическая обстановка практически всегда остается за рамками исследования, хотя региональные материалы дают возможность оценить не только структурную позицию палеобассейна, но и его размеры и возможную картину циркуляции водных масс. В качестве примера приведем региональную схему циркуляции течений в палеобассейне среднеюрского возраста (батское время) на Русской плите (рис. 4), с которым связана одна из наиболее продуктивных эпох формирования комплексных ПМР [4].

Детальная реконструкция динамического режима для чеганского эоцен-олигоценного бассейна в обрамлении Кокчетавской глыбы, где располагаются Обуховская и ряд других титан-циркониевых россыпей, показало, что своеобразный горизонт в составе Обуховской россыпи, так называемый «ложный плотик», — глинистый прослой, разделяющий нижнюю и среднюю продуктивные пачки, образовался на мелководье в условиях периодического осушения. Об этом свидетельствуют особенности строения этого горизонта и слоистости вышележащих продуктивных осадков. Характерная горизонтально-волнистая, волнистая и перекрестно-

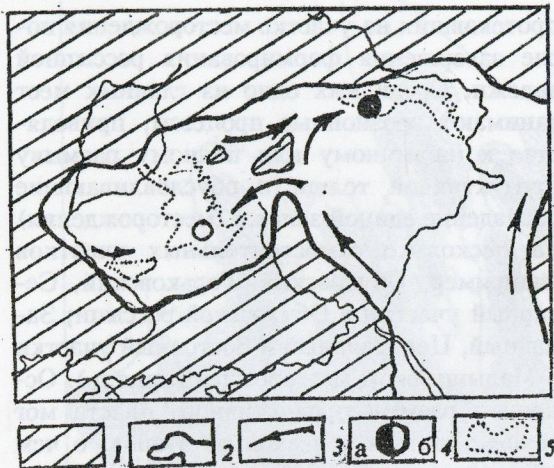


Рис. 4. Региональная схема циркуляции водных масс в батском бассейне на Русской плите.

1 — суша; 2 — граница батского водного бассейна; 3 — направления течений; 4 — площади распространения россыпных формаций: а — главные, б — второстепенные; 5 — структуры, контролирующие россыпеобразование.

волнистая (флазерная) слоистость последних позволяет предполагать, что их формирование протекало в низкоэнергетической обстановке с неустойчивым режимом, свойственной мелководьям, подверженным колебаниям уровня моря, периодическому обводнению и/или осушению отдельных его участков. Сопоставление с современными обстановками мелководья показало, что они отвечают низкоэнергетическим условиям аккумулятивных побережий с приливно-отливным и волновым режимом, таким, как берега Восточной Англии, Гельголандская бухта [9, 13]. В пользу этого вывода говорит также эстуарный тип устьев и приливно-отливный характер дельт палеорек [3].

Следующий важный аспект палеорекоконструкций — влияние локальных конседиментационных структур как фактора, определяющего внутреннюю структуру россыпного месторождения и распределение концентраций полезных минералов. Влияние это многообразно. Вызывая местные осцилляции береговой линии, оно предопределяет число пластов и количество отдельных рудных залежей, локальное распределение фаций и, следовательно, изменчивость и прерывистость концентраций. Дифференцированный характер движений влияет, при

прочих условиях, на мощность пласта, а также определяет наличие син- и пострудных деформаций пласта. С нашей точки зрения, именно наличие локальных конседиментационных тектонических деформаций, наряду с другими палеогеографическими особенностями побережий, определяет (вместе с экономическими критериями), почему в Обуховском месторождении присутствует более пятидесяти самостоятельных рудных залежей, в Малышевском месторождении — три крупных, а в Центральной россыпи таковые вообще не выделяются.

Из вышеперечисленных месторождений Обуховское формировалось в наименее спокойной тектонической обстановке, по времени совпадавшей с ранней фазой активизации неотектонических движений. При этом наиболее интенсивные блоковые подвижки происходили по нарушениям СЗ простирания, в то время как береговая линия в целом занимала субширотное положение. Под влиянием этих блоковых подвижек в плотике россыпи проявились многочисленные уступы секущего по отношению к основным рудным залежам простирания. Характер взаимоотношений разрывов с рудными залежами свидетельствует о том, что деформации, начавшись после образования нижней продуктивной пачки, развивались во время формирования среднего и верхнего продуктивных пластов и продолжались после завершения образования россыпи, обусловив ее многочисленные размывы. Наиболее ярким отражением подобных разрывов является упомянутый выше тектонический уступ [7]. Характерно, что разрывные структуры, секущие по отношению к простиранию рудных, играли роль структурных барьеров, на которых происходило «разложение» минеральных ассоциаций в соответствии с миграционной способностью отдельных минералов. В распределении отдельных рудных минералов этот феномен практически не выражен, но хорошо улавливается при анализе их корреляционных связей, в частности, методом главных компонент [8]. Иными словами, отличительная особенность локальных блоковых структур в пределах Обуховского россыпного поля состоит в том, что они имели конседиментационный характер и, начав развиваться как синрудные нарушения, сохранили свою активность и в

пострудный этап, определяя положение ложковой сети миоценового и более молодого возраста, степень сохранности и размыва продуктивных отложений.

В более спокойных тектонических условиях блоковые конседиментационные структуры уступают место менее контрастным флексуроподобным и купольным структурам, влияние которых на внутреннее строение россыпных полей также велико. Именно локальные купольные структуры контролировали положение россыпей Лукояновского района (см. рис. 3). Все рудные залежи локализованы на склонах, мощность пластов увеличивается с удалением от свода поднятия, а содержания рудных минералов возрастают снизу вверх по разрезу. Большинство локальных сводов удлинено в СЗ направлении в соответствии с простиранием структур более высокого порядка — Арзамасского и Ардатовского валов. Сами аккумулятивные тела, вмещающие россыпи, представляли собой подводные бары, часть которых имела характер островных.

Аналогичные структуры выделяются и в пределах Центрального титан-циркониевого россыпного месторождения. Наиболее отчетливо они выделяются при анализе рельефа кровли аптских — подошвы сеноманских отложений (рис. 5). Локальные купола имеют площадь от 0,5—1,5 км² (мелкие) и 4—5 км² (средние) на западном и восточном участках до 10—20 км² на южном и разделены пологими седловинами и мульдами. Они группируются в две системы — субширотного и ССВ простирания, отвечающие простиранию основных систем региональных разломов, имеющих докембрийское заложение. В сводовой части куполов преобладают песчаные фации осадков, в мульдах между ними значительную роль играют глинистые пески; отмечается также тяготение основных полей фосфоритов в крыльях положительных структур. И.Е.Секретаревым и В.В.Китаевым приводились доказательства их синрудной активности — присутствие «нептунической дайки» в сеноманских песках, срезаемой в подошве сантона [10]. Как будет показано ниже, имеются и другие доказательства активности этих структур во время формирования россыпи.

Не менее важно изучение пострудных эволюционно-геологических процессов,

протекавших на участке месторождения после завершения формирования россыпной залежи. Среди них одно из главных мест занимают эрозионные процессы, приводящие к частичному или полному размыву продуктивной толщи и обуславливающие распадение единой залежи (месторождения) на несколько самостоятельных участков (например, Обуховский, Горьковский, Северный участки в Обуховской россыпи; Западный, Центральный и Восточный участки в Малышевском месторождении и т.д.). Основной размыв продуктивного пласта мог осуществляться в несколько этапов, о чем обычно свидетельствует наличие сохранившихся палеодолин в кровле месторождения, и продолжаться до настоящего времени. Эти пострудные процессы, как правило, достаточно легко распознаются.

До последнего времени для ископаемых россыпей оставалось неизученным влияние эолового фактора, хотя примеры россыпей современных побережий показывают, что процессы ветровой переработки включаются сразу, как только пляжевая или донная россыпь выйдет из-под влияния моря. Практически все россыпи приподнятых береговых линий (террасовые россыпи) в той или иной мере переработаны ветром и сопровождаются более или менее значительными по объему дюнными россыпями (классический пример: россыпь Трэйл-Ридж на Атлантическом побережье в пределах береговой линии плиоцен-раннечетвертичного возраста [11]). Степень ветровой переработки прибрежно-морских россыпей зависит от интенсивности ветров и длительности процесса; обычно она максимальна на открытых океанических побережьях и в целом нарастает от более молодых береговых линий к наиболее древним (высоким).

Для выявления влияния эолового фактора в переработке ископаемых титан-циркониевых россыпей, мы изучили наиболее достоверные признаки эоловых процессов: а) характерный рельеф палеоповерхности; б) особенности распределения тяжелых минералов и их типоморфных признаков в разрезе палеороссыпей; в) микротопографию минеральных зерен как отражение эоловых процессов. В качестве объекта исследования было выбрано Центральное россыпное месторождение в Тамбовской обла-

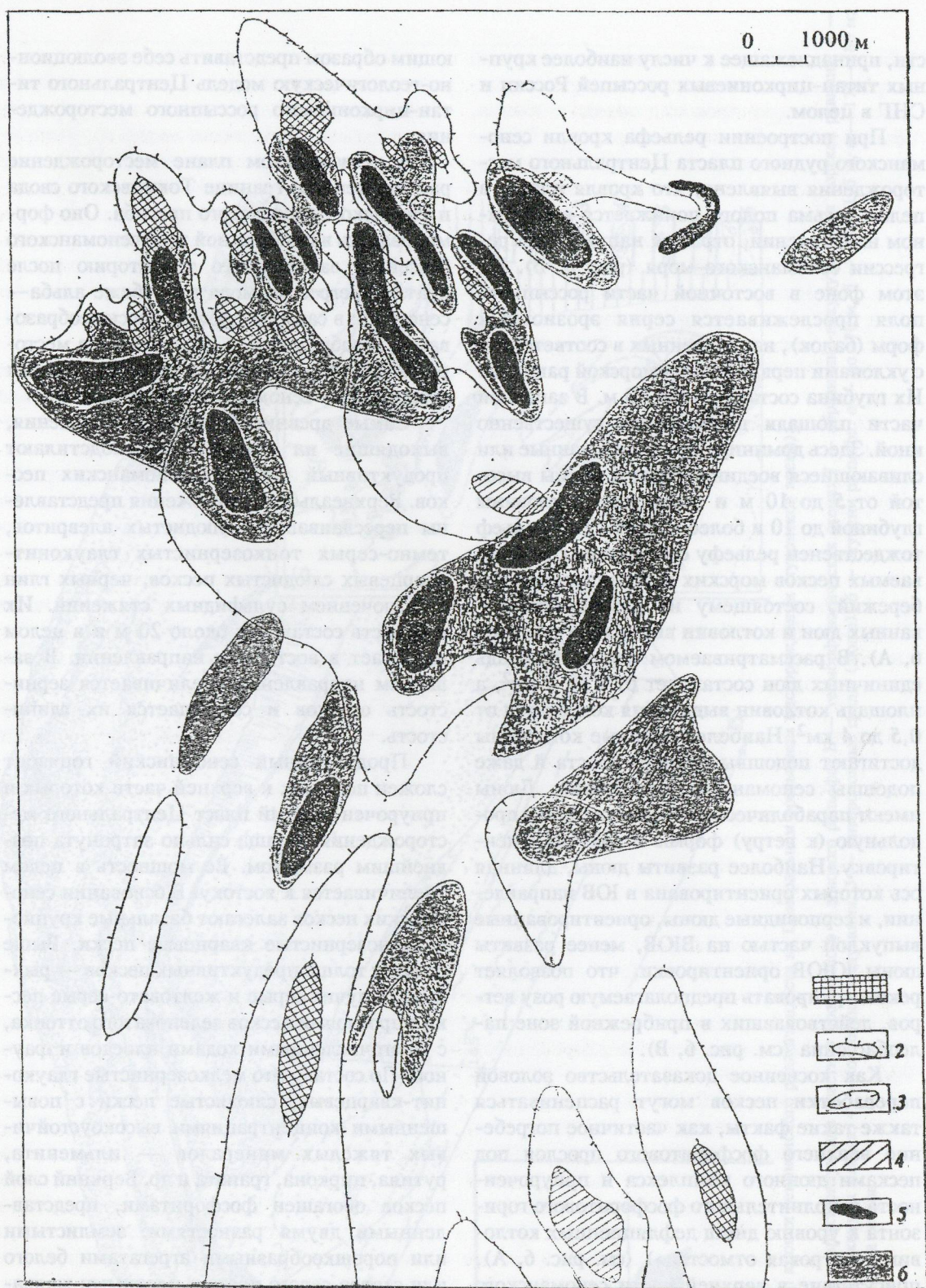


Рис. 5. Локальные конседиментационные структуры на площади Центрального россыпного месторождения.

Поднятия: 1 — 175 м, 2 — 175—170 м; депрессии: 3 — 165—160 м, 4 — 160 м; распределение концентраций тяжелых минералов (ильменита, рутила, циркона): 5 — высокие, 6 — средние.

сти, принадлежащее к числу наиболее крупных титан-циркониевых россыпей России и СНГ в целом.

При построении рельефа кровли сеноманского рудного пласта Центрального месторождения выявлено, что кровля пласта в целом весьма полого понижается в восточном направлении, отражая направление регрессии сеноманского моря (рис. 6, Б). На этом фоне в восточной части россыпного поля прослеживается серия эрозионных форм (балок), направленных в соответствии с уклонами первичной приморской равнины. Их глубина составляет 2—10 м. В западной части площади палеорельеф существенно иной. Здесь доминируют изолированные или сливающиеся воедино гряды и холмы высотой от 5 до 10 м и замкнутые котловины глубиной до 10 и более метров. Этот рельеф тождественен рельефу современных переваемых песков морских и океанических побережий, состоящему из разноориентированных дюн и котловин выдувания (см. рис. 6, А). В рассматриваемом случае площадь единичных дюн составляет от 1 до 6 км², а площадь котловин выдувания колеблется от 0,5 до 4 км². Наиболее крупные котловины достигают подошвы рудного пласта и даже подошвы сеноманских отложений. Дюны имеют параболическую, серповидную и продольную (к ветру) формы и разную ориентировку. Наиболее развиты дюны, длинная ось которых ориентирована в ЮВ направлении, и серповидные дюны, ориентированные выпуклой частью на ВЮВ, менее развиты дюны ЮЮВ ориентировки, что позволяет реконструировать предполагаемую розу ветров, действовавших в прибрежной зоне палеобассейна (см. рис. 6, В).

Как косвенное доказательство золотой переработки песков могут расцениваться также такие факты, как частичное погребение верхнего фосфоритового прослоя под песками дюнного комплекса и приуроченность дополнительного фосфоритового горизонта к уровню днищ дефляционных котловин («ветровая отмостка») (см. рис. 6, А), присутствие в верхней части сеноманского пласта идеально окатанных зерен детритовых минералов (кварца, циркона) с характерной «матированной» поверхностью, свойственной золотым пескам.

Суммируя сказанное, мы можем следу-

ющим образом представить себе эволюционно-геологическую модель Центрального титан-циркониевого россыпного месторождения.

В региональном плане месторождение расположено на границе Токмовского свода и Рязанско-Саратовского прогиба. Оно формировалось в прибрежной зоне сеноманского бассейна, затопившего территорию после краткой регрессии моря на рубеже альба—сеномана; в сантоне процесс россыпеобразования возобновился, в результате на месторождении образовались два продуктивных горизонта — сеноманский и сантонский.

Самые древние (альбские) отложения, выходящие на поверхность, подстилают продуктивный горизонт сеноманских песков. Верхнеальбские отложения представлены переслаиванием слюдистых алевроитов, темно-серых тонкозернистых глауконит-кварцевых слюдистых песков, черных глин с включением сульфидных стяжений. Их мощность составляет около 20 м и в целом нарастает в восточном направлении. В западном направлении увеличивается зернистость осадков и сокращается их глинистость.

Продуктивный сеноманский горизонт сложен песками, к верхней части которых и приурочен рудный пласт Центрального месторождения. Толща сильно затронута позднейшим размывом. Ее мощность в целом увеличивается к востоку. В основании сеноманских песков залегают базальные крупно- и разномзернистые кварцевые пески. Выше следует толща продуктивных песков — рыхлые, сыпучие серые и желтовато-серые пески с прослоями песков зеленоватого оттенка, с многочисленными ходами илоедов и фауной. По составу это мелкозернистые глауконит-кварцевые, слюдистые пески с повышенными концентрациями высокоустойчивых тяжелых минералов — ильменита, рутила, циркона, граната и др. Верхний слой песков обогащен фосфоритами, представленными двумя разновидностями: землистыми или порошкообразными агрегатами белого или светло-серого цвета и плотными желваками кремового и желтоватого цвета. Слоистость в сеноманских песках практически отсутствует, лишь в низах пачки можно наблюдать слабую волнообразную или мелкоплойчатую. Содержание темноцветных

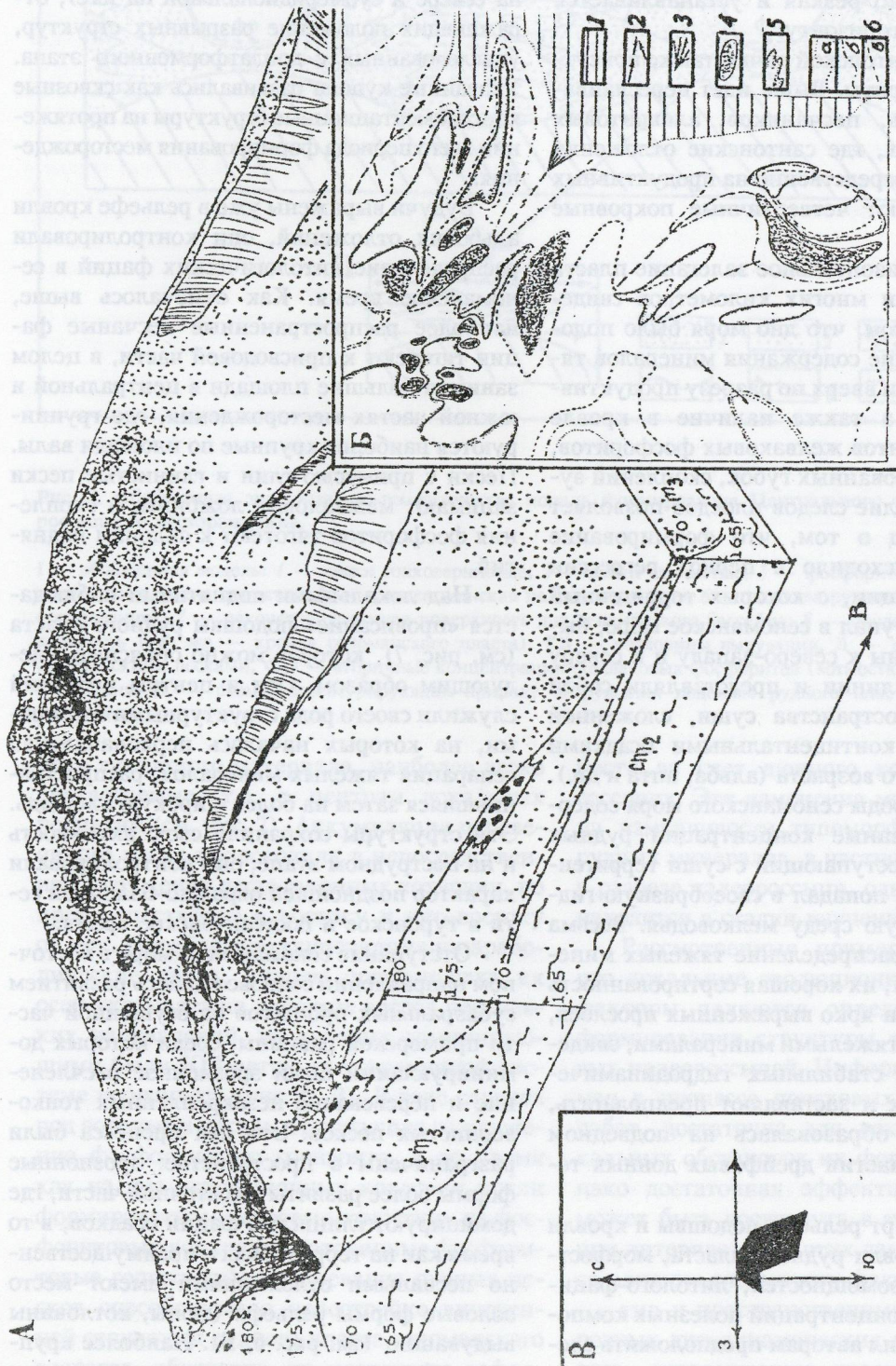


Рис. 6. Палеорельеф кровли сеноманского рудного пласта на Центральном россыпном месторождении (туронское время).

А — блок-диаграмма, характеризующая пластику эрозионного и эолового рельефа; Б — геоморфологическая схема: 1 — абразионно-аккумулятивная морская равнина; 2 — овраги и ложбины; 3 — конусы выноса; 4 — котловины выдувания; 5 — котловины выдувания; 6 — инверсионные гряды (доны); 6 — ступени рельефа: а — до 170 м, б — 170—175 м, в — 175—180 м; В — преобладаемая роза ветров.

минералов заметно увеличивается вверх по разрезу, однако в пласте отсутствуют какие-либо шлиховые прослои, линзы и гнезда, обогащенные рудными минералами. Граница с перекрывающими сантонскими отложениями довольно резкая и устанавливается по губковому горизонту.

В низах сантонской пачки также присутствуют фосфориты. Выше идет переслаивание алевритов, песчаников, алевритовых глин. В местах, где сантонские отложения размыты, непосредственно на продуктивных песках залегают четвертичные покровные суглинки.

Почти горизонтальное залегание пласта на протяжении многих километров свидетельствует о том, что дно моря было пологим. Повышение содержания минералов тяжелой фракции вверх по разрезу продуктивных песков, а также наличие в кровле пласта горизонтов желваковых фосфоритов, фосфоритизированных губок, скоплений зубов рыб и обилие следов илоедов позволяет сделать вывод о том, что формирование россыпи происходило в период регрессии моря. Провинции, с которых терригенный материал поступал в сеноманское море, были расположены к северо-западу и к северу от береговой линии и представляли собой обширные пространства суши, сложенной морскими и континентальными осадками нижнемелового возраста (альба, апта и др.). Береговые породы сеноманского моря содержали повышенные концентрации рудных минералов. Поступающий с суши терригенный материал попадал в своеобразную гидродинамическую среду мелководья. Весьма равномерное распределение тяжелых минералов в песках, их хорошая сортированность при отсутствии ярко выраженных прослоев, обогащенных тяжелыми минералами, свидетельствуют о стабильных гидродинамических условиях и заставляют предполагать, что россыпь образовалась на подводном склоне при участии дрейфовых донных течений.

Анализ карт рельефа подошвы и кровли сеномана, кровли рудного пласта, морфоструктурной, изомощностей, литолого-фациальной и изоконцентраций полезных компонентов позволил авторам предположить следующую геолого-эволюционную модель Центрального месторождения (рис. 7).

Локальная позиция Центрального месторождения в прибрежной зоне сеноманского бассейна контролировалась системой пространственно сближенных валов, группирующихся в пределах двух систем (субширотной на севере и субмеридиональной на юге), отражающих положение разрывных структур, унаследованных с доплатформенного этапа. Указанные купола развивались как сквозные конседиментационные структуры на протяжении всего периода формирования месторождения.

Будучи выражены уже в рельефе кровли альбских отложений, они контролировали распределение литологических фаций в сеноманское время. Как отмечалось выше, наиболее распространенные песчаные фации тяготеют к присводовой части, в целом занимая большие площади в центральной и южной частях месторождения, где группируются наиболее крупные по площади валы. Пески с примесью глин и глинистые пески занимают межваловые ложбины, а скопления фосфоритов тяготеют к склонам поднятий.

Над локальными поднятиями наблюдается «провисание» подошвы рудного пласта (см. рис. 7), которое можно объяснить следующим образом. Оси и центры поднятий служили своего рода структурными барьерами, на которых началась первоначальная сепарация тяжелых минералов, распространявшаяся затем на более широкую площадь. Эти структуры сохранили свою активность и на пострудном этапе, они контролировали характер позднейшей овражно-балочной сети в туронское и постсантонское время.

Отступление сеноманского моря в восточном направлении сопровождалось развитием субаэральных процессов на осушенной части приморской равнины, среди которых доминирующими были эрозионное расчленение и перевевание незакрепленных тонкозернистых песков. Эти два процесса были разграничены в пространстве: эрозионные формы более развиты в восточной части, где доминируют глинистые фации осадков, в то время как на территориях с преимущественно песчаными отложениями имеют место эоловые формы рельефа (дюны, котловины выдувания) (см. рис. 6, Б). Наиболее крупные дефляционные котловины приурочены к участкам, где преобладают пески без при-

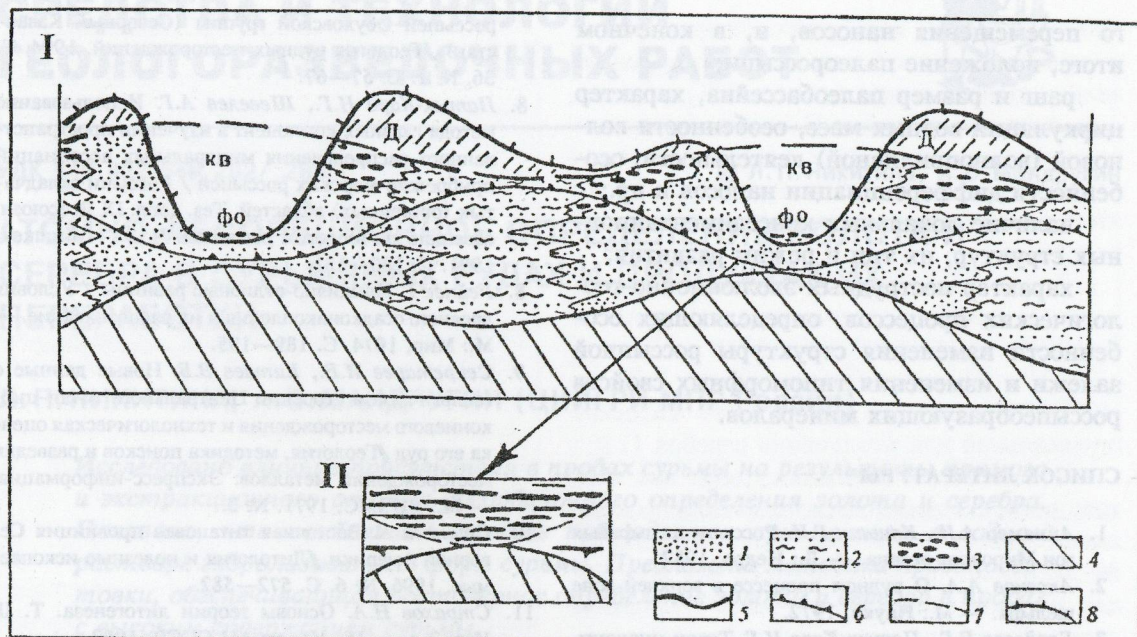


Рис. 7. Обобщенная эволюционно-геологическая модель формирования Центрального титан-циркониевого россыпного месторождения.

I — обобщенная модель: 1 — пески тонкозернистые; 2 — пески глинистые; 3 — фосфоритовый горизонт; 4 — локальные аптские поднятия; 5 — предсеноманская палеоперверхность; 6 — подошва рудного пласта (по данным опробования); 7 — реконструированная поверхность дна сеноманского бассейна; 8 — предсантонская палеоперверхность (она же — кровля сеноманского пласта); КВ — котловины выдувания, Д — дюны, выполненные сеноманскими песками, ФО — вторичные концентрации желваковых фосфоритов («отмостки») на дне котловин выдувания; II — схема, иллюстрирующая природу погружения подошвы рудного пласта над локальными поднятиями.

меси глинистого материала, наиболее легко перевеваемые, т.е. к центрам локальных поднятий (см. рис. 7). Аккумуляция перевеянного песка происходила в непосредственном окружении дефляционных котловин, но преимущественно к востоку и юго-востоку от них. Преобладали серповидные и параболические дюны, причем ориентировка их осей указывает на действие ветров нескольких направлений, из которых доминирующими были ЮВ ветры (в современной системе координат) (рис. 6, В). В ряде случаев под золовыми песками произошло захоронение фосфоритового горизонта, в то время как на дне дефляционных котловин могли формироваться «ветровые отмостки» из фосфоритовых конкреций (вторичные фосфоритовые горизонты). Перевеивание рудных песков способствовало перестройке внутренней структуры рудного пласта сеноманского возраста, обусловив его частичную дефляцию на одних участках и нарастание мощ-

ности за счет дюнного комплекса — на соседних. Эти изменения могли сказаться и на изменчивости типоморфных признаков рудных минералов, в частности, ильменита, в разрезе палеороссыпи, однако этот вопрос находится в стадии изучения.

Рассмотренные примеры показывают, что локальные эволюционно-геологические факторы являются определяющими при формировании структуры титан-циркониевых палеороссыпей. Информация, получаемая в процессе поисковых и разведочных работ, достаточна для реконструкции локальных обстановок их формирования. Однако достаточная эффективность анализа может быть достигнута в том случае, если при интерпретации этих данных учитывается влияние следующих факторов:

тип и пространственные границы однородных литодинамических единиц палеоберега, определяющие участки поступления твердого стока, направление вдольберегово-

го перемещения наносов, и, в конечном итоге, положение палеороссыпи;

ранг и размер палеобассейна, характер циркуляции водных масс, особенности волновой (волноприливной) деятельности, особенности дифференциации наносов и пр.;

наличие локальных конседиментационных структур, их тип и режим развития;

характер пострудных эволюционно-геологических процессов, определяющих особенности изменения структуры россыпной залежи и изменения типоморфных свойств россыпеобразующих минералов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айнемер А.И., Коншин Г.И. Россыпи шельфовых зон Мирового океана. — Л.: Недра, 1982.
2. Аксенов А.А. О рудном процессе в верхней зоне шельфа. — М.: Наука, 1972.
3. Бардеева Е.Г., Патык-Кара Н.Г. Титан-циркониевые палеороссыпи приливно-отливных побережий (опыт реконструкции палеообстановки на примере Обуховской россыпи, Северный Казахстан) // Литология и полезные ископаемые. 1996. № 3. С. 314—320.
4. Гурвич С.И., Болотов А.И. Титан-циркониевые россыпи Русской платформы и вопросы поисков. — М.: Недра, 1976.
5. Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения / Научн. ред. В.П.Зенкевич, Б.А.Попов. — М.: Мысль, 1980.
6. Патык-Кара Н.Г. Озерные россыпи ближнего сноса // Литология и полезные ископаемые. 1996. № 1. С. 56—67.
7. Патык-Кара Н.Г., Колодочко В.И. Палеоструктурные условия формирования титан-циркониевых россыпей Обуховской группы (Северный Казахстан) // Геология рудных месторождений. 1994. Т. 36. № 1. С. 57—67.
8. Патык-Кара Н.Г., Шевелев А.Г. Использование метода главных компонент в изучении пространственного распределения минеральных ассоциаций прибрежно-морских россыпей / Россыпи складчатых (орогенных) областей. Тез. докл. IX Всесоюз. совещан. по геологии россыпей. Ч. 3. — Бишкек, 1991. С. 130—131.
9. Рейнек Г. Приливно-отливные равнины / Условия древнего осадконакопления и их распознавание. — М.: Мир, 1974. С. 189—195.
10. Секретарев И.Е., Китаев В.В. Новые данные о геологическом строении Центрального титан-циркониевого месторождения и технологическая оценка его руд // Геология, методика поисков и разведки месторождений металлов: Экспресс-информация. — М.: ВИЭМС, 1971. № 3.
11. Станвей К. Восточная титановая провинция Северной Америки // Литология и полезные ископаемые. 1996. № 6. С. 572—582.
12. Страхов Н.А. Основы теории литогенеза. Т. II. Изд. 2-е. — М.: Изд-во АН СССР, 1962.
13. Так Циксин, Ли Рихуи. Источники питания и условия концентрации литоральных россыпных месторождений Китая // Литология и полезные ископаемые. 1996. № 6. С. 583—589.
14. Эллиотт Т. Побережья с терригенной седиментацией / Обстановки осадконакопления и фации. — М.: Мир, 1990. С. 144—184.
15. Gardner D.E. Beach-sand heavy mineral deposits of eastern Australia // Bureau of Mineral Resources. 1955. Bull. 28.
16. Force E.R. Geology of Titanium-Mineral Deposits // Special Papers 259. Geological Society of America. 1991.
17. Stanaway K.J. Heavy-Mineral Placers // Mining Engineering. 1992. № 4. April. P. 352—358.

N. G. Patyk-Kara, Ye. G. Bardeyeva

METHOD OF ACTUALISM IN LOCAL ENVIRONMENT RECONSTRUCTIONS FOR TITANIUM-ZIRCONIUM PLACERS FORMATION

The most important lines of paleogeographical analysis in reconstructions of local environments of ancient titanium-zirconium coastal placers formation are discussed. This analysis is aimed at the following goals: to reconstruct the lithologically and dynamically homogeneous units of paleoshores (littoral cells); to take into account the factors governing the circulation of water masses, wave activity and sediment differentiation; to reveal the local structures controlling the localization of placers; to analyze post-ore processes resulting in the redistribution of heavy minerals and placer structure.

АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 543.422:549.282/.283

© Л. П. Никитина, А. В. Мандругин

АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В СУРЬМЯНЫХ РУДАХ И ПРОДУКТАХ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Л. П. НИКИТИНА, А. В. МАНДРУГИН (ЦНИГРИ МПР России)

Исследовано влияние присутствия в пробах сурьмы на результаты прямого и экстракционного атомно-абсорбционного определения золота и серебра. Показано, что наибольшее влияние наблюдается при наличии в водном растворе гидролизованых форм сурьмы. Предложена методика пробоподготовки, обеспечивающая достоверное определение золота и серебра в пробах с высоким содержанием сурьмы.

Определение золота и серебра в сурьмяных рудах и продуктах их переработки является сложной аналитической задачей.

Нами было обнаружено, что сурьма оказывает значительное влияние на результаты измерения при пламенном атомно-абсорбционном определении золота и серебра, особенно при использовании экстракционного концентрирования. Для анализа сурьмяных продуктов известен способ удаления сурьмы путем отгонки в виде хлоридов, однако этот метод длителен и трудоемок.

Настоящая работа посвящена разработке методики атомно-абсорбционного (с атомизацией в пламени) определения золота и серебра в широком диапазоне концентраций в продуктах с высоким содержанием сурьмы.

Аппаратура и материалы. Для измерений использовался атомно-абсорбционный спектрофотометр Перкин-Элмер 503. Источниками линейчатого спектра служили: для золота и серебра — лампы с полым катодом, а для сурьмы — безэлектродная высокочастотная лампа. Измерения атомной абсорбции проводились по резонансным спектральным линиям: Sb — 217,6 нм, Ag — 328,1 нм, Au — 242,8 нм. Использовалось пламя пропан—воздух. Для контроля содержания сурьмы в некоторых случаях применялась электротермическая атомизация.

Для приготовления растворов использовались реактивы марки х.ч. Стандартные

растворы золота, серебра и сурьмы готовили растворением навески металлов чистотой 99,95 %.

Для приготовления растворов, содержащих Sb(III), навески металлической сурьмы растворялись в серной кислоте, раствор упаривался до минимального объема (менее 1 мл), остаток растворялся в хлористоводородной кислоте. Растворы Sb(V) получали либо обработкой азотной кислотой растворов Sb(III), либо растворением металлической сурьмы в смеси хлористоводородной и азотной кислот (3:1).

Методика проведения эксперимента. Было исследовано влияние различных факторов на определение золота и серебра: концентрации сурьмы, кислотности растворов, способа растворения, количества комплексующего агента (винной кислоты), времени выдерживания растворов.

Для исследования влияния присутствия сурьмы на результаты прямого (без экстракции) определения золота и серебра готовились серии растворов при различной концентрации HCl в присутствии винной кислоты и без нее с постоянной концентрацией золота и серебра (соответственно 5 мкг/мл и 2 мкг/мл) и переменной концентрацией сурьмы (от 0 до 16 мг/мл). Для этого навески металлической сурьмы от 0,1 до 1,6 г растворялись в смеси хлористоводородной и азотной кислот (3:1), переводились в

хлориды путем повторного упаривания с хлористоводородной кислотой. Затем создавалась нужная концентрация HCl , добавлялась (или не добавлялась) винная кислота и вводились рассчитанные количества стандартных растворов золота и серебра. После этого объем раствора доводился до заданной величины.

Для экстракционного концентрирования золота и серебра использовалась экстракция бутилацетатом комплексов этих элементов с $\text{N,N}'$ -дифенилтиомочевинной из 1 М по HCl растворов (эта кислотность является оптимальной для извлечения серебра [1]).

Исследование влияния сурьмы при экстракционно-атомно-абсорбционном определении благородных металлов проводилось на растворах, приготовленных так же, как для прямого определения, но с меньшими концентрациями золота и серебра (соответственно 0,5 мкг/мл и 0,2 мкг/мл). Кроме этого, готовились две серии искусственных экстрактов путем смешения независимо приготовленных экстрактов благородных металлов и сурьмы. В первой серии использовался экстракт сурьмы с концентрацией 100 мкг/мл, полученный путем экстракции Sb(V) бутилацетатом из 7 М раствора HCl , т.е. в условиях, обеспечивающих количественное извлечение [2, 3]. Во второй серии экстракт сурьмы с концентрацией 27 мкг/мл (найденной путем измерения) приготавливался экстракцией Sb(V) из 1 М раствора HCl . Экстракт благородных металлов с концентрацией золота 10 мкг/мл и серебра 2 мкг/мл для обеих серий готовился, как описано выше. Рассчитанные количества полученных экстрактов смешивались так, чтобы концентрация сурьмы в искусственных экстрактах менялась в первой серии от 0 до 1400 мкг/мл, во второй — от 0 до 22 мкг/мл, а концентрация золота и серебра в обеих сериях оставалась постоянной, соответственно 2 мкг/мл и 0,4 мкг/мл.

На основании измерений атомной абсорбции золота и серебра полученных растворов и экстрактов строились графики зависимости отношения A/A_0 от концентрации сурьмы для различных условий, где A и A_0 — атомная абсорбция золота или серебра для растворов, содержащих и не содержащих сурьму соответственно.

Обсуждение результатов эксперимен-

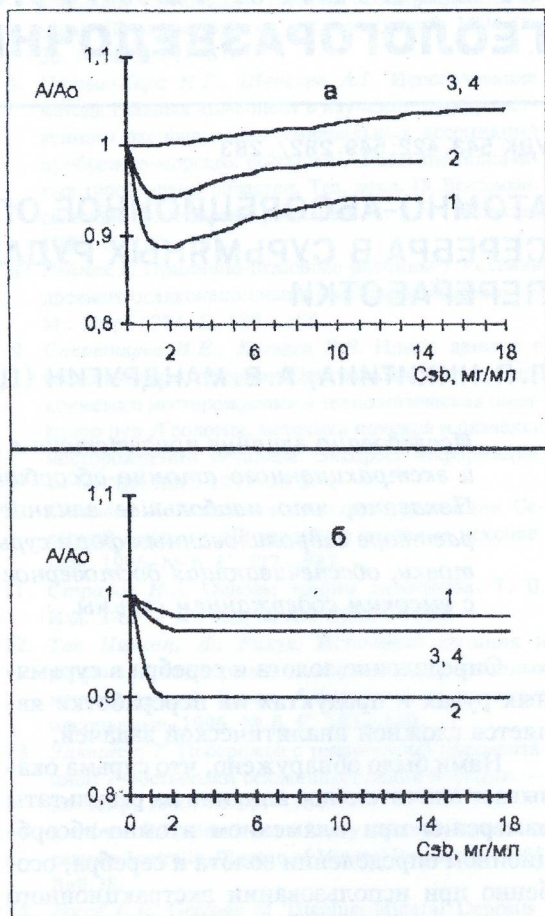


Рис. 1. Влияние сурьмы на результаты прямого атомно-абсорбционного определения золота (а) и серебра (б).

1, 2 — без винной кислоты, 5 М HCl ; 3, 4 — 4 % винной кислоты, 1 М HCl ; 1, 3 — измерение в первый день; 2, 4 — измерение через 3 дня.

та. При концентрации серебра и золота в анализируемых растворах более 0,4 и 1,0 мкг/мл соответственно возможно прямое их определение атомно-абсорбционным методом без предварительного экстракционного концентрирования.

Было проверено влияние присутствия сурьмы на результаты прямого определения золота и серебра в присутствии винной кислоты в разных концентрациях (1 % и 4 %) в среде 1 М HCl и без винной кислоты, но в среде 5 М HCl (для предотвращения гидролиза сурьмы). На рис. 1 приведены полученные графики зависимости отношения A/A_0 от концентрации сурьмы для золота (а) и

серебра (б) в присутствии 4 % винной кислоты и без нее. Как видно из полученных данных, влияние сурьмы при определении золота носит сложный характер и различно в присутствии винной кислоты и без нее. В отсутствие винной кислоты отмечено занижающее воздействие сурьмы даже при невысокой ее концентрации. В присутствии винной кислоты влияние сурьмы существенно меньше и носит, в основном, завышающий характер. Влияние сурьмы при прямом определении серебра значительно меньше.

Было отмечено влияние времени выдерживания растворов на результаты определения золота и серебра: при определении серебра увеличение времени выдерживания растворов до трех суток приводило к снижению сигнала атомной абсорбции, а при определении золота — к увеличению. Добавка винной кислоты позволяет в значительной степени устранить это явление.

Таким образом, прямое (без экстракционного концентрирования) определение золота и серебра в водных растворах возможно при концентрации сурьмы до 4 мг/мл в присутствии 4 % винной кислоты. При этом относительная погрешность определения, связанная с влиянием сурьмы, не превышает 5 %.

При концентрации серебра и золота в анализируемых растворах менее 0,4 и 1 мкг/мл соответственно, а также в присутствии значительных количеств других элементов, атомно-абсорбционное определение рекомендуется проводить после экстракционного концентрирования.

По полученным нами данным, в условиях, используемых для экстракции золота и серебра, коэффициент распределения сурьмы между органической и водной фазами имеет малую величину. В зависимости от форм нахождения, этот коэффициент меняется от 0,6 до $1 \cdot 10^{-5}$. Поэтому минимальное значение коэффициента разделения золота (серебра) и сурьмы имеет значение порядка 10^3 — 10^4 . В связи с этим естественно было предположить, что использование экстракционного концентрирования должно устранить влияние сурьмы при атомно-абсорбционном определении золота и серебра. Однако эксперименты показывают, что влияние сурьмы при определении золота и, в еще большей степени, серебра в экстрактах более значительно, чем при пря-

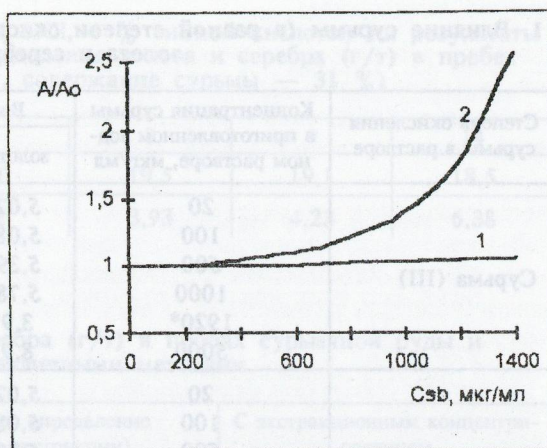


Рис. 2. Влияние содержания сурьмы в водной фазе на результаты экстракционно-атомно-абсорбционного определения золота (1) и серебра (2) из 1 М раствора HCl в присутствии 4 % винной кислоты.

мом определении. На рис. 2 приведена зависимость величины A/A_0 для золота и серебра в экстрактах от концентрации сурьмы в водной фазе. Представленная зависимость получена для случая, когда в водную фазу введено 4 % винной кислоты. В отсутствие винной кислоты наблюдается аналогичная зависимость, но влияние сурьмы начинает сказываться значительно раньше — при концентрации ее в водной фазе более 15 мкг/мл. Промывка экстракта 1 М раствором HCl при отношении фаз 2:1 не позволила устранить это влияние.

Было проверено влияние вида пламени на определение золота и серебра в экстрактах. Для этого аналогичные измерения проводились в пламени ацетилен—воздух. Было найдено, что влияние сурьмы сохраняется качественно и количественно при переходе к более высокотемпературному ацетиленовому пламени.

Представлялось интересным исследовать, какие химические формы сурьмы оказывают большее влияние при определении золота и серебра. Были приготовлены две серии растворов с переменной концентрацией сурьмы и примерно одним уровнем концентраций золота и серебра: первая — на основе сернокислого раствора Sb(III), вторая — на основе раствора Sb(V), полученного обработкой сернокислого раствора азотной кислотой. Затем проводились экстракция и определение золота и серебра.

1. Влияние сурьмы (в разной степени окисления) на атомно-абсорбционное определение золота и серебра в экстрактах.

Степень окисления сурьмы в растворе	Концентрация сурьмы в приготовленном водном растворе, мкг/мл	Введено, мкг		Концентрация сурьмы в экстракте, мкг/мл	Найдено, мкг	
		золото	серебро		золото	серебро
Сурьма (III)	20	5,02	2,02	0,98	5,02	2,02
	100	5,08	2,1	18	5,09	2,10
	500	5,39	2,5	135	5,23	2,60
	1000	5,78	3,0	588	5,75	4,52
	1920*	3,9	5,0	1620	3,43	9,45
	5000	8,9	7,0	3220	6,23	19,6
Сурьма (V)	20	5,02	2,02	0,21	5,04	2,00
	100	5,08	2,1	<0,02	5,00	1,95
	500	5,39	2,5	2,85	5,20	3,50
	1000	5,78	3,0	270	5,15	6,00
	1480*	3,9	5,0	9,4	2,40	8,70
	3320*	8,9	7,0	2100	8,20	21,3

* — получено измерением, т.к. в растворе выпал осадок

Одновременно определялось содержание сурьмы в экстракте. Полученные данные приведены в таблице 1.

Как видно из полученных данных, влияние $Sb(V)$ более значительное, чем $Sb(III)$, несмотря на меньший коэффициент извлечения ее в органическую фазу. При концентрации сурьмы в экстракте более 3 мкг/мл она сильно завышает результаты определения серебра. Небольшое занижение результатов определения золота, возможно, связано с выпадением осадка гидролизированных форм сурьмы.

Для уточнения характера влияния сурьмы (V) проводилось определение золота и серебра в искусственных экстрактах, полученных, как описано выше (рис. 3). Для первой серии экстрактов (экстракт сурьмы получали из 7 М HCl) влияние сурьмы незначительное: при концентрациях сурьмы в экстракте 200—500 мкг/мл (т.е. при концентрациях, которые при анализе сурьмяных объектов реально не наблюдались) занижение результатов определения золота и серебра составляло менее 3%. Во второй серии искусственных экстрактов (экстракт сурьмы получали из 1 М HCl), наблюдалось заметное влияние сурьмы на результаты определения золота и очень сильное — на определение серебра даже при относительно невысоких концентрациях сурьмы.

Таким образом, полученные результаты

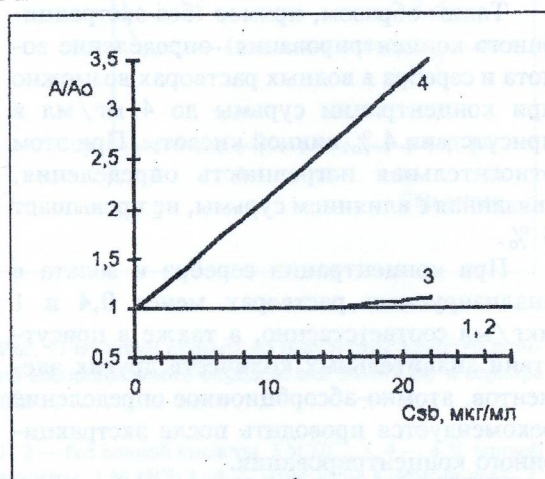


Рис. 3. Влияние содержания сурьмы в искусственных экстрактах на результаты определения золота и серебра.

1, 3 — золото; 2, 4 — серебро; 1, 2 — экстракция сурьмы из 7 М HCl; 3, 4 — экстракция сурьмы из 1 М HCl.

подтвердили вывод о том, что присутствие в пробах сурьмы (V) завышает результаты экстракционно-атомно-абсорбционного определения золота и, в еще большей степени, серебра. Это влияние связано с наличием в растворе гидролизированных форм сурьмы, поскольку известно [3], что в солянокислых растворах при концентрации HCl меньше 6 М $Sb(V)$ присутствует, в основном, в виде гидроксо- и гидроксохлорокомплексов. В

2. Влияние времени старения растворов (2 М НСl, 4 % винной кислоты) на результаты экстракционно-атомно-абсорбционного определения золота и серебра (г/т) в пробе сурьмяной руды (навеска — 2 г, содержание сурьмы — 31 %)

Время стояния растворов до экстракции (дни)	0	3	9	14
Золото	18,0	19,5	19,1	18,5
Серебро	3,8	3,93	4,23	6,38

3. Результаты определения золота и серебра (г/т) в пробах сурьмяной руды и сурьмяного сплава различными методами

Схема анализа	Характеристика пробы	Прямое определение (без экстракции)		С экстракционным концентрированием	
		Золото	Серебро	Золото	Серебро
Без отгонки сурьмы	Сплав	2650±180	250±20	2550±220	233±18
	Руда	—	—	33,3±1,6	2,66±0,32
С отгонкой сурьмы	Сплав	2570±210	230±23	2600±190	220±24
	Руда	—	—	34,9±1,7	2,74±0,26

пользу влияния именно гидролизированных форм сурьмы говорит наблюдаемая зависимость результатов определения содержания серебра от времени выдерживания раствора (см. табл. 2). Известно, что процесс гидролиза сурьмы проходит во времени [3], поэтому старение раствора приводит к завышению результатов определения. Другим фактом, подтверждающим влияние процесса гидролиза, является зависимость результатов определения содержания элементов от способа пробоподготовки. При одном способе пробоподготовки остаток после переведения в хлориды растворялся при кипячении в 1 М НСl, при другом — в 6 М, а затем полученный раствор разбавлялся до концентрации НСl 1 М и сразу же экстрагировался. В обоих случаях растворение проводилось в присутствии винной кислоты. В первом случае влияние сурьмы наблюдалось, во втором — нет.

На основании проведенных исследований был сделан вывод о том, что при экстракционно-атомно-абсорбционном определении золота и серебра в пробах с высоким содержанием сурьмы необходимо применять приемы пробоподготовки, препятствующие гидролизу сурьмы.

Методика пробоподготовки. Пробу растворяют в смеси азотной и хлористоводородной кислот 1:3, переводят в хлориды повтор-

ным упариванием с хлористоводородной кислотой, добавляют сухую винную кислоту из расчета 4 % в конечном объеме и растворяют в таком количестве 6 М раствора НСl, чтобы после переведения в заданный объем водой концентрация НСl была 1 М. Экстракцию и измерение проводят в тот же день.

С использованием данной методики были проанализированы пробы сурьмяной руды с содержанием сурьмы 31 % и сурьмяного сплава с содержанием сурьмы 78 %. Для контроля результатов анализа использовалась методика с удалением сурьмы путем отгонки в виде хлоридов. Полнота отгонки сурьмы проверялась путем измерения остаточного содержания в растворах, которое составляло 1—4 % от исходного, при этом концентрация сурьмы в экстрактах составляла менее 0,1 мкг/мл. Результаты анализа представлены в табл. 3. Как следует из полученных данных, результаты анализа, проведенного с использованием предложенной методики и методики с удалением сурьмы, совпадают в пределах ошибки определения. Таким образом, разработанная методика позволяет определять золото и серебро в продуктах с высоким содержанием сурьмы. При этом продолжительность анализа снижается с 3—4 дней для способа с отгонкой сурьмы до 1—2 дней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бажов А.С., Соколова Е.А. Экстракционно-атомно-абсорбционное определение серебра и золота // Ж. аналит. химии. 1977. Т. 32. Вып. 1. С. 65—69.
2. Золотов Ю.А., Иофа Б.З., Чучалин Л.К. Экстракция галогенидных комплексов металлов. — М.: Наука, 1973.
3. Немодрук А.А. Аналитическая химия сурьмы. — М.: Наука, 1978.

L. P. Nikitina, A. V. Mandrugin

ATOMIC-ABSORPTION DETERMINATION OF GOLD AND SILVER IN Sb-CONTAINING ORES AND PROCESSING PRODUCTS

The effect of Sb present in samples on the results of direct and extraction atomic-absorption determination of Au and Ag contents is analyzed. It is shown that this effect is the most prominent when hydrolyzed Sb species are present in the aqueous solution. A technique of sample preparation providing unbiased results of Au and Ag determination in samples with high Sb contents is proposed.

УДК 548.736.15

© Бао Яньнань, В.Т.Дубинчук, В.В.Ружицкий, 1997

НЕТРАДИЦИОННЫЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ НИТЕВИДНЫЕ ФОРМЫ АЛМАЗОВ

БАО ЯНЬНАНЬ (Пекинский Горный Университет, Китай; ИГЕМ РАН),
В.Т.ДУБИНЧУК, В.В.РУЖИЦКИЙ (ВИМС МПР России)

Приведены результаты электронно-микроскопического исследования алмазов методом реплик с извлечением. Для индентификации минеральных фаз использовался метод микродифракции. В изучаемых зернах алмаза установлены нитевидные выделения алмаза, характеризующиеся различной степенью раскристаллизации вещества. Высказаны предположения о формировании выявленных выделений алмаза.

Исследованию как природных, так и синтетических алмазов посвящено большое количество работ [5, 7, 9, 10]. В них было уделено особое внимание изучению макро- и микроморфологических особенностей алмазов. В ряде работ [3, 5, 9] приведены результаты изучения включений в алмазах на микрозонде и в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ). В последнем исследовались, преимущественно, суспензионные препараты. Изучение морфологии зерен алмаза проводилось, главным образом, с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ).

В настоящей работе предпринято изучение свежесколотых поверхностей алмаза методом реплик с извлечением. Идентификация частиц проводилась методом микродиф-

ракции (МД). В отличие от РЭМ, использование при исследовании в ПЭМ реплик с извлечением позволяет фиксировать морфологические особенности минеральных образований с более высоким разрешением, проводить их диагностику и выявлять особенности их кристаллического строения с помощью МД. Для исследования были отобраны зерна природных алмазов из кимберлитовой трубки Ляонин.

Изучаемые зерна алмазов относятся к одной разновидности, имеющей форму, подобную параллелепипеду. Размер отдельных кристаллов составляет 4—6 мкм. Внешняя часть кристаллов имеет серый цвет, прозрачна и построена из пластин, имеющих общую ориентировку. Внутренняя

часть черного цвета имеет такую же структуру.

Ранее нами было проведено исследование поверхности зерен алмазов из этой же трубки методом реплик с извлечением [1]. На поверхности изучаемых зерен были выявлены субмикроскопические выделения алмаза разной морфологии: от округлых до призматических. Данные образования алмаза находились в тесной ассоциации с разным по консистенции углеродистым веществом. Прослеживалось изменение углеродсодержащего вещества от аморфного слабо раскристаллизованного до графита, лонсдейлита и микрокристаллов алмаза.

Наличие такой гаммы переходов в организации углеродистого вещества непосредственно на поверхности зерен первичных алмазов позволило нам сделать предположение о формировании микрокристаллов алмаза из газовой-флюидных возгонов, богатых углеводородами. Поэтому эти микрокристаллы, по-видимому, следует рассматривать как более позднюю генерацию, а сам факт наличия вышеперечисленных фаз дает нам право сделать предположение о едином процессе образования как микро-, так и макрокристаллов.

Получив с помощью реплик с извлечением данную информацию с поверхности, мы предположили, что аналогичные явления могут наблюдаться и внутри кристаллов алмаза. Для проверки этой гипотезы были подобраны кристаллы алмаза, на поверхности которых отмечались перечисленные выше фазы углерода. Образцы алмазов раскалывались, с их поверхности обычным путем [2] получались реплики с извлечением, которые просматривались в электронном микроскопе. Метод реплик пришлось использовать потому, что при изучении суспензионных препаратов неизбежно интегрируется информация как с поверхности зерен, так и с внутренних участков алмаза.

В результате проведенных экспериментов наблюдались необычные формы алмаза (рис. 1). Все представленные на рисунках кристаллы алмаза имеют нитевидную форму, отличаются друг от друга длиной, толщиной и степенью раскристаллизации вещества, что обусловлено, по-видимому, особенностями их образования. Одни нитевидные кристаллы сформировались не-

посредственно в матрице алмаза, другие в микротрещинах, порах, а третьи — по границам между зернами. Таким образом, по всем вышеперечисленным признакам выделяются три разновидности нитевидных кристаллов.

На рис. 1, а, б приведен нитевидный кристалл первой разновидности в форме буквы «S». Его размеры $0,01 \times 3$ мкм. Каждый относительно прямой участок нитевидного кристалла имеет размер около 1 мкм. Отдельные звенья S-кристаллика алмаза параллельны друг другу. Расстояние между отдельными S-нитевидными кристаллами алмаза на наблюдаемой поверхности составляет несколько микрометров. В некоторых участках S-кристаллов (показано на рис. 1) вокруг нити алмаза наблюдается ореол слабо раскристаллизованного вещества, фиксирующегося также и на микродифракционных картинах (МДК) слабым диффузным максимумом с межплоскостным расстоянием, равным $2,13 \text{ \AA}$ (см. рис. 1, б). Сам нитевидный кристалл дает всего несколько характерных для алмаза отражений 111 и 333 и др. от обратной решетки. По-видимому, это связано с дефектностью микрокристаллика алмаза, обусловленной деформационными искажениями его кристаллической решетки. Данный кристалл алмаза располагается на плоскости (111) минерала-хозяина. Рядом с S-нитевидным кристаллом алмаза на рис. 1 отмечается округлый кристаллик алмаза.

Наблюдаемые нитевидные выделения на плоскости (111) имеют разнообразную конфигурацию. На рис. 1, в, г приведен микрокристаллик алмаза довольно сложной формы. Его размер $0,05 \times 18$ мкм. МДК от данного микрокристаллика отвечает дифракционному направлению обратной решетки [111]*. Некоторые отражения (220, 440) расщеплены, что указывает на расщепление собственно нитевидного кристаллика, показанного на рис. 1, в, г: от основного нитевидного кристаллика отходят еще более тонкие нити.

Все описанные выше нитевидные выделения экстрагировались на угольную реплику со свежесколотой поверхности минерала-хозяина. Легкость экстракции обусловлена присутствием в промежутках между нитями слабо раскристаллизованного вещества (обычно графита) и разориентировкой нитей в матрице минерала. Это хорошо иллю-

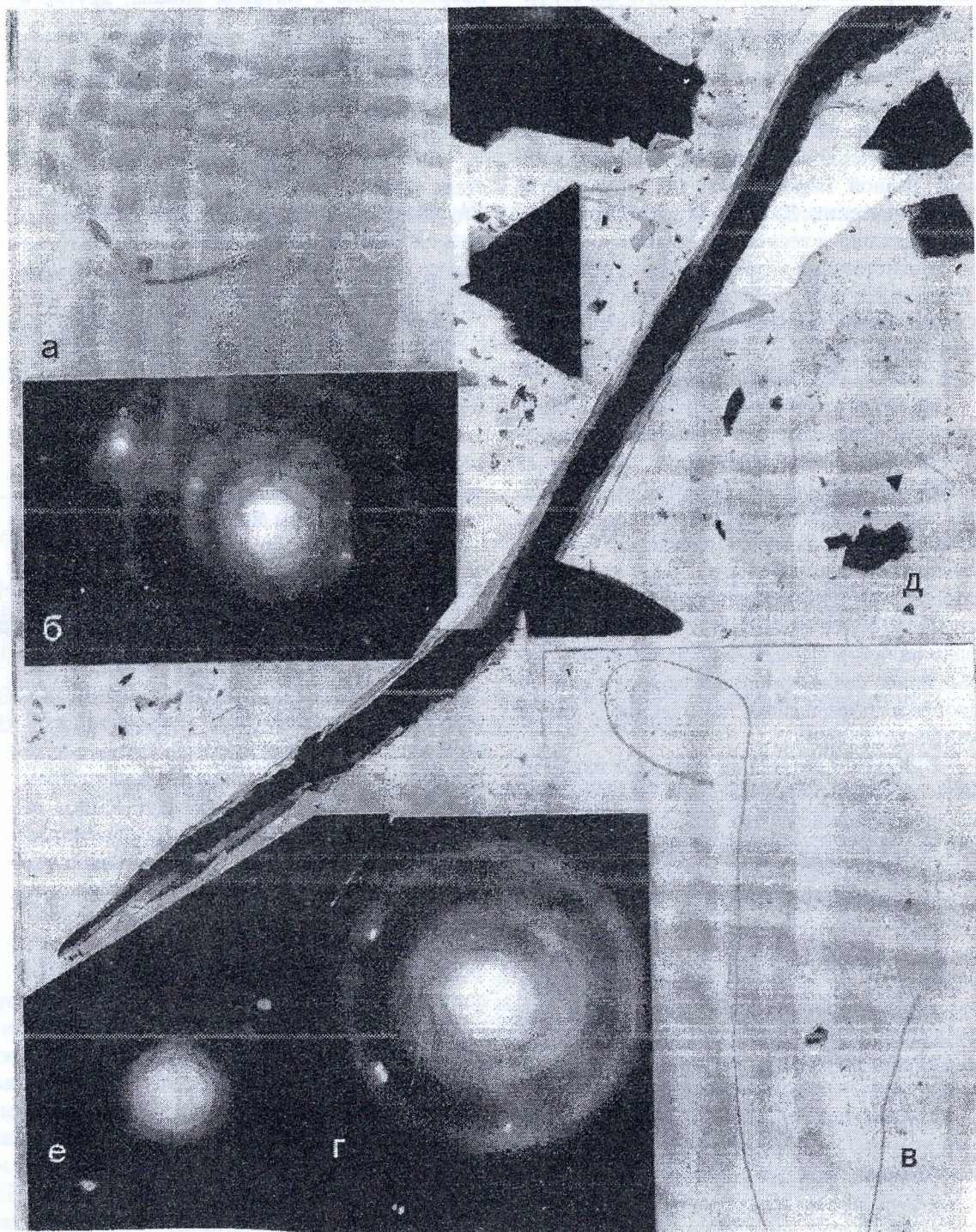


Рис. 1. Реплики с извлечением со свежесколотой поверхности алмаза.

a — нитевидный кристалл алмаза S-образной формы, ув. 8000; *б* — МДК алмаза; *в* — нитевидный кристалл алмаза сложной формы, ув. 8000; *г* — МДК алмаза; *д* — крупный S-образный кристалл алмаза, ув. 5000; *е* — МДК алмаза.

стрирует снимок выколки алмаза (рис. 2, а, б), извлеченной на реплику. На краях выколок, прозрачных для электронов, наблюдается гребенка нитевидных кристаллов алмаза, в точечных МДК которых присутствуют отражения 400, 331. На больших углах отражения отмечается расщепление максимумов, что указывает на пространственную разориентировку нитей по отношению друг к другу. Помимо этого, на дифракционных картинах присутствуют диффузные кольцевые максимумы графита, который, по-видимому, окаймляет нитевидные кристаллы.

Самый крупный S-образный кристалл алмаза другой разновидности, выявленный нами на свежем сколе алмаза, показан на рис. 1, д, е. Угол загнутой его краев составляет 150° . Каждый прямой участок составляет $20 \div 26$ мкм. Ширина меняется от долей микрометров до 1 мкм. Этот нитевидный кристалл, как и рассмотренные выше разновидности, имеет полупрозрачный футляр (ореол) слабо раскристаллизованного графита. Поэтому на МДК (рис. 1, е), помимо отражений обратной решетки алмаза 111, 220 и др., постоянно присутствуют кольцевые диффузные отражения графита.

На свежесколотой поверхности анализируемого зерна алмаза в микротрещинке наблюдалось углеродистое вещество в виде полупрозрачной для электронов пленки (см. рис. 2, в). Длина пленки составляет несколько десятков микрометров. По характеру выделения пленка идентична нитевидному кристаллу, показанному на рис. 1, д. Отличает их друг от друга степень раскристаллизации слагающего их углеродистого вещества.

Нитевидные кристаллики следующей разновидности представлены червеобразными выделениями размером от долей мкм до нескольких микрометров (см. рис. 2, г). Они находятся в теснейшей ассоциации с хорошо раскристаллизованным графитом и лонсдейлитом, которые наблюдаются в виде мелких чешуек, нередко обрамляющих нитевидные кристаллики алмаза. Перечисленные полиморфные разновидности углерода характеризуются кольцевыми текстурированными МДК, на которых помимо этого иногда присутствуют точечные отражения, соответствующие кубической фазе с осью обратной решетки [110]*. Похоже, что эти отражения

дает присутствующая, по-видимому, в виде структурной примеси в этих алмазах металлическая платина, насыщенная изоморфными примесями, о чем свидетельствуют несколько увеличенные межплоскостные расстояния.

Интересен снимок микрокристаллика алмаза (см. рис. 2, е); на котором видно, что в относительно крупный кристалл размером $0,3 \text{ мкм} \times 7 \text{ мкм}$ утыкаются под углом 45° тончайшие нитевидные кристаллы алмаза. Периодичность их расположения по поверхности около $0,1\text{--}1,3$ мкм. МДК от нитевидного кристалла (см. рис. 2, ж) отвечает сечению обратной решетки (111). Поэтому на дифракционной картине присутствует комбинация отражений (220). Так как МДК была получена с участка, где в более крупный кристалл утыкается более тонкий, на МДК присутствуют дополнительные отражения обратной решетки алмаза 311.

Искусственные нитевидные выделения алмаза были получены в 1969 г. [6] из газовой фазы (метан) на затравке, а также непосредственно в электронном микроскопе [4] на подложках из алмаза, граната, слюды. В последнем варианте источником углерода служили остаточные пары масла и углерода пленки.

Выявленные формы нитевидных образований алмаза не являются продуктом синтеза в электронном микроскопе, так как они зафиксированы угольной репликой после раскалывания матрицы, размер их достаточно велик, время визуализации в ЭМ было не велико, обедненные углеродом участки реплики вокруг этих образований не отмечались, морфология выделений не изменялась на протяжении длительного времени воздействия электронным пучком, в отличие от наблюдаемых изменений такого рода в работе [2]. Помимо этого, нами неоднократно наблюдались нитевидные выделения алмаза, частично извлеченные на реплику (см. рис. 2, з). С извлеченного вещества получены микродифракционные картины алмаза, а остальная часть представляет собой чистый слепок, который фиксирует только особенности морфологии нитевидного образования. Дополнительно были проведены эксперименты по приготовлению препаратов, исключаящие процесс напыления углеродом. Пробоподготовка заключалась в

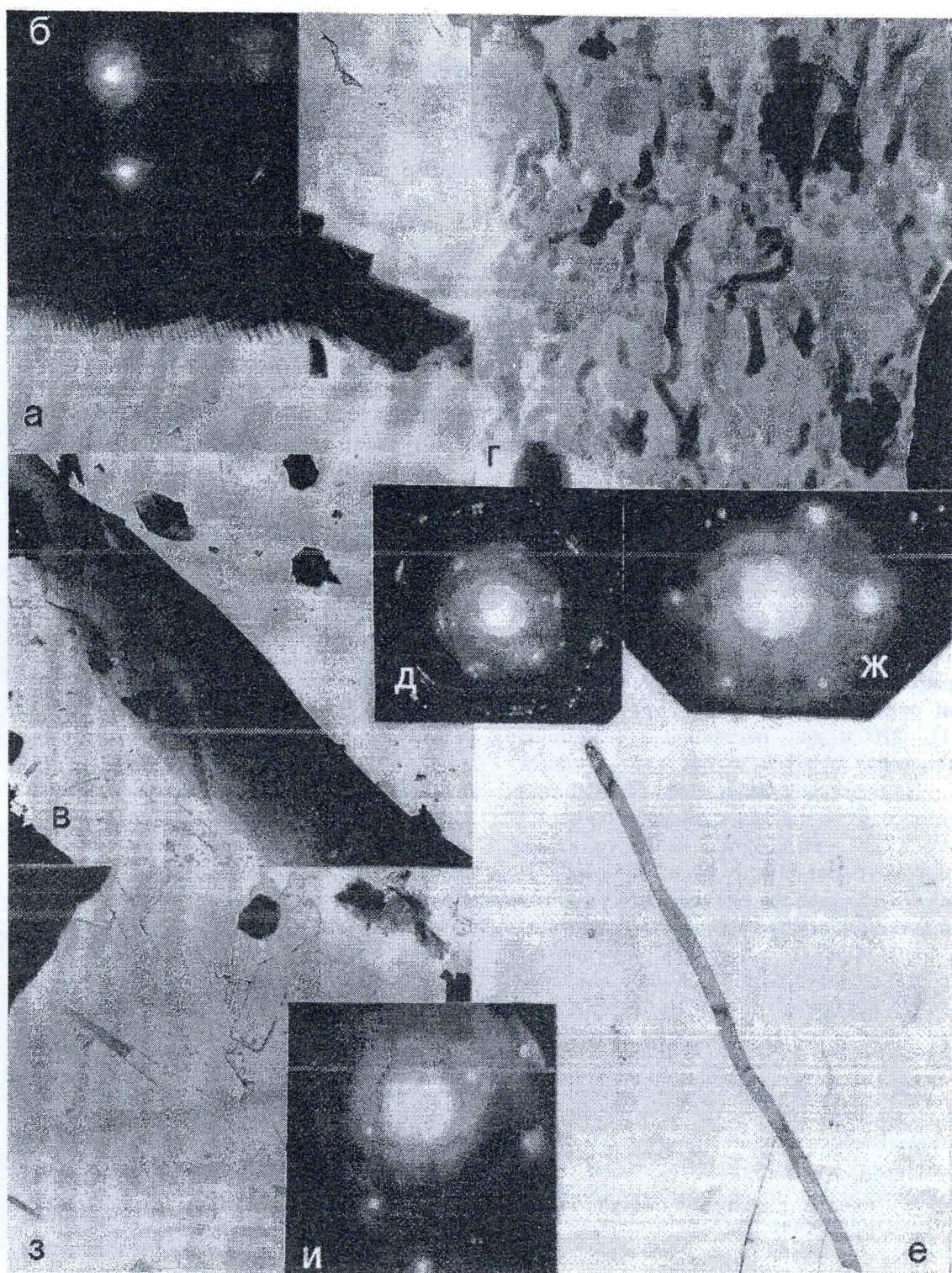


Рис. 2. Реплики с извлечением со свежесколотой поверхности алмаза.

a — крупный выкол алмаза гребенчатой формы, ув. 8000; *б* — МДК алмаза; *в* — пленочное аморфное образование в алмазе, ув. 8000; *г* — червеобразные выделения алмаза и мелких чешуйчатых образований графита и лонсдейлита, ув. 12 000; *д* — МДК графита + лонсдейлита + кубической фазы; *е* — крупные обособления нитевидных кристаллов алмаза, ув. 8000; *ж* — МДК алмаза; *з* — частично извлеченный на реплику нитевидный кристалл алмаза, ув. 6000; *и* — МДК алмаза.

приготовлении реплик путем напыления на поверхность алмаза алюминия с последующим отделением репликатора традиционным способом. Изучение алюминиевых реплик подтвердило наличие на свежих сколах зерен нитевидных образований алмаза, аналогичных описанным выше.

Таким образом, нитевидные выделения являются, по-видимому, более поздними генерациями алмаза, образование которых связано с поступлением газовой флюидной фазы к участкам минералообразования. Многообразие форм нитевидных выделений, возможно, обусловлено в первую очередь нестабильностью условий образования (температуры, давления и химизма рудоформирующих газовой флюидной фазы) в прерывистом постмагматическом процессе.

Авторы выражают искреннюю признательность академику РАН И.Д. Рябчикову за проведенные консультации и обсуждение результатов исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бао Яньнань, Дубинчук В.Т., Рябчиков И.Д. Субмикронные алмазы из кимберлитовой трубки Ляо

Bao Yangnang, V. T. Dubinchuk, V. V. Ruzhitsky

NON-TRADITIONAL FILIFORM CRYSTAL HABITS OF DIAMONDS

The results of examination of diamonds using an electron microscope in the "extracting replica" mode are presented. Microdiffraction was used to identify mineral phases. Filiform diamond segregations with variable extent of crystallization were found in diamond grains studied. Some considerations about the origin of these diamond forms are set forth.

- Нин // Докл. Академии Наук Китая, 1996. Т. 41. № 22 (на китайском языке).
2. Батулин Г.Н., Дубинчук В.Т. Микроструктуры железомарганцевых конкреций океана. — М.: Наука, 1989.
 3. Включения в алмазе и алмазоносные породы. Авторы: В.К.Гаранин, Г.П.Кудрявцева, А.С.Марфунина, О.А.Михайличенко. Под ред. А.С. Марфунина. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991.
 4. Заможский В.Д., Лузин А.Н. Рост нитевидных кристаллов алмаза в электронном микроскопе // ДАН СССР. 1975. Т. 224. № 2. С. 369—372.
 5. Министерство геологии и охраны недр СССР. Алмазы Сибири. — М.: Государственное научнотехническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1957.
 6. О нитевидных кристаллах алмаза. Авторы: Б.В. Дерягин, Л.Л. Буйлов, В.М. Зубков, А.А. Кочергина, Д.В. Федосеев // Кристаллография. Т. 14. Вып. 3. С. 535—536.
 7. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. — М.: Наука, 1984.
 8. Природные алмазы — генетические аспекты. Авторы: Г.П. Буланова, Ю.П. Барашков, С.Б. Тальникова, Г.Б. Смелова, Н.В. Соболев (отв. ред.). — Новосибирск: Наука, 1993.
 9. Природные и синтетические алмазы. Авторы: Г.Б. Бокый, Г.Н. Безруков, Ю.А. Клюев, А.М. Налетов. — М.: Наука, 1986.
 10. Field J.E. The properties of natural and synthetic diamond. Acad. Press. lit., 1992.

УДК 622.235.2

© В. А. Хорев, 1997

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В. А. ХОРЕВ (ЦНИГРИ МПР России)

Изложены тенденции в совершенствовании отечественных промышленных взрывчатых материалов (ВМ). Перечислены появившиеся в последнее время ВМ: изготавливаемые на месте применения, созданные в результате утилизации снятых с вооружения боеприпасов, а также ВМ производства зарубежных фирм и компаний. Приведен перечень ВМ, рекомендуемых для использования в геологоразведочной практике.

Перед рассмотрением современных направлений в совершенствовании промышленных взрывчатых материалов (ВМ) следует хотя бы вкратце перечислить тенденции, которые были в этой области раньше. Если мы обратимся к прошлому, то увидим, что главными в основном были два пути: повышение степени безопасности в обращении с ВМ и расширение их ассортимента. В предвоенные годы и сразу после войны динамиты были заменены более безопасными в обращении аммонитами. Затем преобладала тенденция совершенствования аммонитов — снижения их слеживаемости, повышения водоустойчивости. С целью увеличения детонационной способности в конце 50-х годов был разработан новый тип взрывчатых веществ (ВВ) — детониты. В шестидесятые годы для замены порошкообразных и патронированных ВВ были созданы более безопасные гранулированные россыпные ВВ, что послужило толчком к разработке и внедрению механизированных способов заряжания. В 70-е и 80-е годы на открытых работах в значительных объемах стали внедряться водосодержащие и льющиеся взрывчатые вещества типа акватолов и карботолов, а в последнее десятилетие появились эмульсионные ВВ.

Совершенствование средств инициирования ВВ было направлено на разработку новых их видов и повышение надежности срабатывания. У огнепроводных и детонирующих шнуров была заменена оболочка из тканей и пряжи на полимерные составы (полиэтилен, полихлорвинил, термоэластопласт и т.д.), что резко повысило их

водоустойчивость и морозостойкость. Были разработаны электроогневой способ взрывания и электродетонаторы (ЭД) с миллисекундными замедлениями взрыва. Увеличено число серий замедления, уменьшены интервалы и величины разброса по времени срабатывания ЭД. Созданы предохранительные ЭД, защищенные от срабатывания под воздействием блуждающих токов и статического электричества, а также ЭД, не чувствительные к бытовым источникам тока. Для малочувствительных гранулированных и водосодержащих ВВ были созданы промежуточные шашки-детонаторы и т.д.

Совершенствование взрывчатых материалов проходило на фоне резкого увеличения объемов их расходования. Например, за 10 лет, с 1970 по 1980 год, объем потребления ВМ в СССР увеличился в 2 раза, а за 20 лет (с 1960 по 1980 год) — в 3 раза. Отмечался некоторый рост потребления ВМ и с 1980 по 1990 год. Взрывчатые материалы применяли в Союзе 57 невоенных министерств и ведомств.

Другой особенностью прошлых лет было то, что разработки и исследования в области промышленных взрывчатых материалов проводились в строго централизованном плановом порядке, по постановлениям правительства или Госкомитета по науке и технике. Эти работы включались в пятилетние и перспективные планы, но так было при социализме. Теперь у нас другая общественная система, и, естественно, все существенно изменилось.

Каковы же тенденции в совершенствовании ассортимента взрывчатых материалов

в современных условиях? Получило дальнейшее широкое развитие изготовление взрывчатых веществ не на заводах, а на самих горнодобывающих предприятиях. В настоящее время более 30 % ВВ изготавливается вблизи мест применения. Стационарные пункты по изготовлению ВВ (прикарьерные) или передвижные смесительно-зарядные машины функционируют на Балхашском, Соколово-Сарбайском, Лебединском, Михайловском, Стойленском, Качканарском, Ковдорском, Норильском, Сорском, Тырнаузском, «Апатит», «Печенганикель», «Ураласбест» комбинатах, объединениях «Северовостокзолото» и «Якутзолото», Нерюнгринском разрезе и многих других. Дополнительным толчком к этому послужило резкое увеличение отпускной цены на ВВ и тарифов на перевозку их железнодорожным, водным и воздушным транспортом. К примеру, стоимость ВВ возросла в 10 000 раз. Кроме того, с 1995 года каждое предприятие обязано платить еще и за лицензию на право перевозки опасных грузов железнодорожным транспортом и осуществлять страхование перевозимых ВМ.

Следующая тенденция состоит в том, что в практике взрывных работ стали находить применение ВМ, изготовленные на основе снятых с вооружения боеприпасов и твердого ракетного топлива. В настоящее время в связи с заключением международных договоров о разоружении и сокращением армии в стране возникла серьезная проблема утилизации снятых с вооружения боеприпасов. В России принята государственная программа «Конверсия», в рамках которой рассматриваются все направления использования военных ВМ в мирных целях. Создан даже научно-исследовательский институт по проблеме утилизации конвертируемых взрывчатых материалов в народном хозяйстве — «Росконверсвзрыв-центр».

Первоначально большое количество боеприпасов уничтожалось взрыванием. Это экономически нецелесообразно, к тому же возникают экологические проблемы (разрушение почвенно-растительного слоя на значительной площади, повреждения от воздействия ударной воздушной волны, ядовитые газы, попадание в почву оплавленных металлических осколков от корпусов мин и снарядов и др.).

Организации и предприятия Минобороны и Госкомоборонпрома для промышленного применения сейчас могут предложить 5 групп ВМ:

- 1) утилизированный тротил и его смеси с селитрой, алюминием;
- 2) литьевые смеси, содержащие гексоген;
- 3) сухие или увлажненные смеси, содержащие гексоген;
- 4) пироксилиновые баллиститные пороха или их смеси с тротилом, селитрой, твердым ракетным топливом, нефтепродуктами;
- 5) готовые к употреблению изделия — кумулятивные заряды, шашки-детонаторы, удлиненные заряды разминирования в алюминиевом корпусе, взрывобезопасные контейнеры для переноски и транспортирования детонаторов и др.

Наиболее простые по технологии снаряжения (извлечение ВВ) боеприпасы с получением баллиститных и пироксилиновых порохов, выплавленного из снарядов и мин тротила уже допущены Госгортехнадзором для постоянного применения, например, гранипоры, диабзиты, тротил-У, кумулятивные заряды.

Раньше все предприятия и отрасли промышленности СССР потребляли ВМ только отечественного производства, а часть продукции шла на экспорт. Сейчас у нас наряду с отечественными появились ВМ зарубежных фирм.

В России и Казахстане допущена для постоянного применения система взрывания «Нонель» фирмы «Нитро-Нобель АБ». Эта система уже используется в широких масштабах на Ковдорском, Качканарском, Костомукшском, Лениногорском ГОКах, Тишинском руднике. Принято решение об организации сборки системы «Нонель» на базе Серебрянского завода неорганических производств. Комплектующие изделия и технология сборки будут поставляться фирмой «Нитро-Нобель АБ».

Этой же фирмой на угольном разрезе Нерюнгри (Якутия) ведутся работы по внедрению эмульсионных шведских ВВ и оборудования для их изготовления и заряжания.

Подписан контракт АК «Алмазы России-Саха» с американской фирмой «Айрико Холдинг Компани» и получена лицензия Госгортехнадзора России на использование

на карьере «Удачный» эмульсионных ВВ марок «Ирегель» и «Иремек».

В начале прошлого года Госгортехнадзором России выдано разрешение к постоянному применению зарядной машины «Чармек», выпускаемой финской фирмой «НОР-МЕТ» для доставки игданитов, гранулитов и заряжания ими шпуров и скважин на земной поверхности и в подземных условиях.

Конверсия и появление продукции зарубежных фирм способствовали существенно расширению способов взрывания и номенклатуры изделий, их расфасовки и упаковки. В течение многих десятилетий отечественные невоенные специалисты взрывного дела и взрывники имели дело с четырьмя способами взрывания: огневым, электрическим, электроогневым и при помощи детонирующего шнура. В настоящее время добавились новые системы взрывания — шведская «Нонель» и находящаяся в стадии разработки аналогичная ей отечественная «Эдилин», в которых инициирующий импульс детонатору передается не по шнуру или проводам, а по полой трубке. В стадии разработки также находятся системы взрывания «УНСИ» и «Снежинка», в которых применен маломощный детонирующий шнур с навеской 1,5 г на метр вместо 12 г. Кроме того, предложены система взрывания по радио «Гром», «Друза-М», а также автоматического взрывания «Вадим-Б», в которой использован эффект воздействия сейсмической взрывной волны от взрыва соседнего заряда и др.

Раньше у нас в основном выпускались патронированные ВВ в патронах диаметром 32 мм, для угольных шахт — 36 мм, для проходки стволов — 45 мм и для скважинной отбойки — 90 мм. Сейчас, кроме того, выпускаются трубчатые заряды гранилена диаметром 11 и 15 мм, заряды для контурного взрывания 25 мм, гирляндовые заряды 45 и 60 мм, шланговые заряды 14, 25, 36 и 90 мм, патроны в полиэтиленовой и полужесткой оболочке 45, 60, 90, 175 и 225 мм и другие.

Шашки-детонаторы выпускаются массой 200, 250, 350, 400, 500, 525, 900 г, для сейсмических работ массой 70, 100, 500, 1000 г и так далее.

Перечень допущенных к применению

взрывчатых материалов (без изделий для геофизических работ) включает более 160 наименований, в то время как перечни 1987, 1977 и 1971 годов содержали 60—80 наименований.

Из появившихся в последнее время ВВ для горно-разведочных работ могут быть рекомендованы: некоторые марки гранулитов, аммонал Э-5, заряды — для контурного взрывания ЗКВК, гирляндовые ЗКВГ, шланговые, кумулятивные, для дробления негабаритов, а также промежуточные детонаторы (шашки). Тротил-У, получаемый путем сплавления из мин или снарядов, по своим свойствам и взрывчатым характеристикам аналогичен гранулолу и может использоваться для заряжания скважин любой степени обводненности на открытых работах.

Некоторые геологоразведочные предприятия осуществляют добычу каменных блоков. Для этих целей можно рекомендовать аммонит АТ-1, трубчатые заряды гранилена ЗЭТ или шланговые заряды ЗША-14 и ЗША-25.

Эмульсионные ВВ, составы с пенополистиролом и новые марки аквазолов при существующих технике и технологии буровзрывных работ малопригодны в геологоразведке. Их целесообразно использовать лишь при взрывании больших объемов породы на открытых работах. Кроме того, для их приготовления и заряжания скважин необходимы специальные стационарные комплексы или транспортно-зарядные машины. Также вряд ли могут быть рекомендованы геологоразведочным организациям и предприятиям конверсионные ВВ — гранипоры и диабзиты, так как они требуют строгого соблюдения особых правил по их хранению, транспортированию и заряжанию скважин.

Маловероятно, что в условиях геологоразведочных организаций найдут широкое применение системы радиовзрывания типа «Гром» и «Друза». Они предназначены для взрывания только на земной поверхности, а масса основных блоков систем составляют 30—40 кг.

Практически все допущенные Госгортехнадзором России новые средства инициирования ВВ могут применяться в геологоразведке. Основным критерием целесообразности их использования должен быть

экономический аспект, поскольку некоторые из них имеют высокую стоимость. Например, комплект «Нонель» в среднем стоит более 2 долларов США.

Появление специфических типов взрывчатых веществ потребовало разработки новых методов испытаний их в лабораторных и полигонных условиях. Если раньше в основном определяли бризантность и работоспособность, скорость детонации ВВ, то в настоящее время на первый план выходят методы, позволяющие оценивать полноту детонации и критический диаметр детонации, чувствительность к инициирующему импульсу, к удару и трению, температуру воспламенения и термостабильность, а также удельное объемное электрическое сопротивление. На повестке дня стоит необходимость разработки методов, позволяющих оценивать вредное экологическое воздействие, а в связи с фактами терроризма предстоит вводить метод определения чувствительности ВМ к прострелу пульей и другие.

Рыночные отношения повлияли и на стоимость взрывчатых материалов. Несколько десятилетий в Советском Союзе действовал прецедент оптовых цен на взрывчатые материалы № 05—12, согласно которому отпускная цена была единой для всех потребителей независимо от того, в какой точке страны были изготовлены ВМ и с какими издержками производства. Любому инженерно-техническому работнику предприятия-потребителя нужно было только перемножить количество необходимого ВМ на отпускную цену и вписать в заявку, которая пересылалась по цепочке: партия — экспедиция — объединение или территориальное управление — республиканское министерство — союзное министерство. Из союзного министерства или ведомства сводная заявка за подписью руководителя министерства (ведомства) поступала в спецглавк союзного органа снабжения. Там осуществлялась привязка к заводу-изготовителю, и предприятию нужно было только в намеченное время оплатить, встретить и выгрузить из вагонов заказанные ВМ и доставить на свой склад. Теперь этот отлаженный механизм во многом разрушен. Нередко потребители заключают прямые договора на по-

ставку ВМ с заводами-изготовителями и, конечно, о единых ценах часто уже говорить не приходится. Один и тот же продукт отпускается по разной цене, как договорятся между собой изготовитель и потребитель. Нередко оплата за поставленные ВМ производится не деньгами, а какой-либо продукцией или услугами. Хотелось бы надеяться, что эта уродливая практика не превратится в устойчивую тенденцию.

Изменилась ситуация и с информацией в области взрывного дела. Она стала очень скудной. Например, тираж изданного в конце прошлого года и необходимого всем «Перечня допущенных к применению взрывчатых материалов, оборудования, взрывных машинок и контрольно-измерительных приборов» составил всего лишь 400 экземпляров. А ведь в последние 25 лет такие перечни издавались тиражами 18 600, 20 000, 30 000 экземпляров, и этого количества оказывалось даже мало. Кроме того, раньше перечни содержали все необходимые характеристики ВМ и рекомендации по их использованию, сейчас же указываются лишь дата допуска к применению, группа совместимости при перевозке и ссылка на номер ГОСТа или ТУ.

К тому же возникли определенные затруднения с преподаванием взрывного дела в высших и средних учебных заведениях из-за недостатка учебников и учебных пособий. Некоторые издательства-монополисты на выпускаемых материалах печатают указание, запрещающее любое размножение и копирование их. Даже в библиотеках не всегда можно найти необходимые материалы.

Из всего сказанного ясно, что на первый план выходит задача обучения, переподготовки и повышения квалификации персонала для взрывных работ на всех уровнях. Это относится как к вузам, техникумам, курсам повышения квалификации, так и к курсам подготовки персонала на предприятиях.

Следует корректировать некоторые отраслевые нормативные и научно-методические документы. Необходимы мероприятия по преодолению психологических барьеров, «традиций», стереотипов поведения персонала для взрывных работ геологоразведочных предприятий и организаций.

V. A. Khorev

PRESENT-DAY TENDENCIES IN UPDATING EXPLOSIVES DESIGNED FOR USE IN GEOLOGICAL PROSPECTING

Major trends in recent development of domestic industrial explosives are discussed. New explosives produced at the sites of designed application and those prepared from military conversion products, as well as foreign explosives, are listed. A list of explosives recommended for use in geological prospecting is presented.

ДИСКУССИИ

УДК 551.24:571.56

© П. А. Игнатов, Я. И. Штейн, 1997

ТИПЫ ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУР, КОНТРОЛИРУЮЩИХ КИМБЕРЛИТЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

П. А. ИГНАТОВ, Я. И. ШТЕЙН (МГГА)

Охарактеризованы геологические признаки локальных скрытых тектонических нарушений позднекембрийских и раннеордовикских терригенно-карбонатных толщ, вмещающих кимберлиты Малоботубинского и Среднемархинского районов Центральной Якутии. Эти признаки установлены на основе детального изучения разрезов по керну скважин. Показаны их возможные морфологические аналоги нетектонического происхождения.

Структурам, контролирующим расположение кимберлитов, посвящена обширная литература. Наибольшее количество публикаций затрагивает вопросы региональной позиции кимберлитовых полей и районов, в том числе и по Сибирской платформе (работы В.И.Ваганова, В.А.Варламова, Б.М.Владимирова, Г.С.Гусева, С.М.Колдаева, С.М.Кравченко, В.Г.Кушева, Б.А.Малькова, А.А.Межвилка, В.А.Милашева, С.И.Митюхина, К.Б.Мокшанцева, К.Н.Никишова, М.М.Одинцова, Д.В.Рундквиста, Ю.Н.Серокурова, Н.В.Соболева, А.А.Фельдмана, В.Н.Щукина и др.). С учетом геолого-геофизических материалов убедительно показано, что крупные кимберлитовые таксоны связаны с неоднородностями в верхней мантии, глубинными разломами, рифтовыми зонами, крупными структурами центрального типа и протяженными брахиформными поднятиями осадочного чехла.

Для кимберлитовых районов Якутии предполагается, что образование алмазоносных трубок и инверсионных купольных или валлообразных поднятий, которые устанавливаются по геологическим и геофизическим данным, сблизено во времени [3, 9, 12, 14 и др.]. Эти поднятия возникали до внедрения среднепалеозойских траппов и сопровождались разрывными нарушениями. Очевидно, что с поднятиями такого типа были связаны штамповые структуры, которые обусловили формирование разрывных

нарушений в кристаллическом фундаменте и зон трещиноватости в осадочном чехле. Последние затухали вверх по разрезу. В свою очередь, существование таких ослабленных зон предопределило пути внедрения даек и, возможно, силлов долеритов, подтверждением чему служат широко распространенные слепые дайковые тела траппов. Часть ослабленных зон, связанных с инверсионными штамповыми структурами, могла сохраниться и до этапа внедрения кимберлитов.

Структурная позиция кимберлитовых тел и кустов (групп) менее отчетлива, с чем связано широкое разнообразие представлений о кимберлитоконтролирующих структурах. Так, для кимберлитовых полей Восточной Сибири, включая хорошо изученное Мирнинское, таковыми считаются локальные структуры тектонического, магматического, газовзрывного и экзотического электрического происхождения: участки пересечения мелких разломов разных направлений [15 и др.]; присдвиговые оперяющие разломы [9 и др.]; надочаговые зоны трещиноватости [12 и др.]; трещины газогидроразрыва [8, 12]; флюидизации [8 и др.], электропробоя [1].

Рудоконтролирующие разломы считаются скрытыми, безамплитудными, затухающими в осадочном чехле [2, 7, 9 и др.]. Они устанавливаются после обнаружения кимберлитовых тел по длинным осям тру-

бок, преобладающему направлению кимберлитовых жил и косвенным геофизическим и ландшафтно-геохимическим данным.

Неявное выражение кимберлитоконтролирующих структур предопределяет неоднозначность их выделения и является причиной того, что проблема обнаружения этих структур до сих пор не разработана. Очевидно, что ее решение прямо определяет успехи в локальном прогнозировании кимберлитов.

Для диагностики рассматриваемых локальных структур необходимо учитывать результаты детальных наблюдений околотрубочного пространства и морфологические особенности кимберлитов, по которым можно судить об истории формирования нарушений и установить их генетические признаки. Структуры, вмещающие дайковые и силловые тела траппов, по мнению ряда исследователей, сформированы в единые с кимберлитами эпохи тектоно-магматической активизации. Так, выявлена смена условий регионального растяжения, очевидно, преобладавшего во время внедрения среднепалеозойских траппов, сжатием, существовавшим во время формирования кимберлитов [2 и др.]. При разгрузке напряжений образовались зоны малоамплитудных сбросов, взбросов и сдвигов, картируемые в кимберлитовых полях и околотрубочном пространстве.

Было установлено, что взбросы и сбросы вблизи трубки Мир связаны со слепой дайкой долеритов и являются докимберлитовыми [3, 4, 9, 10]. Малоамплитудные сдвиги, смещающие кимберлитовые жилы, образованы в последние фазы становления кимберлитов [8] или позднее — в мезозое [13].

По данным исследователей, подробно изучавших строение кимберлитовых жил, даек, трубок и ближайшего их экзоконтакта, устанавливается дотрубочный возраст и разное происхождение рудоконтролирующих и рудовмещающих нарушений [8, 11, 15]. Например, в Мирнинском поле разломы, образовавшиеся до внедрения кимберлитов, вмещали силлы, трубки взрыва и дайки базальтоидов. Во время становления кимберлитов они не были рудоконтролирующими [9], но, очевидно, участвовали в распределении тектонических напряжений [9, 15 и др.].

В процессе формирования кимберлитов

менялся характер кимберлитовмещающих структур: на ранних этапах преобладали линейные ослабленные зоны, на более поздних этапах основными структурами стали узлы пересечения линейных зон. На это указывает этапность формирования кимберлитов: сначала внедрялись жилы и дайки, затем трубки и после них нежки и мелкие жилы [2 и др.]. Регулярное линейно-прерывистое расположение кимберлитовых тел и кустов как трубочной, так и жильной форм [3, 6 и др.] может свидетельствовать о существовании определенного шага предрудных ослабленных зон, величина которого оценивается в первые километры.

Деформации, которые непосредственно сопровождали внедрение кимберлитов, были двух типов — пликативные и дизъюнктивные. Пликативные деформации приводили к образованию мелких надтрубочных инъективных куполов (размер которых составляет 2—3 диаметра трубок [3]), мульд оседания [12], задилов пластов ближайшего экзоконтакта [8, 13]. Разрывные нарушения представляются радиальными и концентрическими разломами и трещинами скола и отрыва, характерны диаклазы [8, 11, 12]. Предполагается прямая связь интенсивности околотрубочных нарушений и размеров кимберлитовых трубок [11].

Детальные исследования керн поисково-разведочных скважин по терригенно-карбонатным породам позднего кембрия и раннего ордовика в Малоботубинском и Среднемархинском районах позволили выявить ряд конкретных геологических признаков разновозрастных разломов. Проявлениями сбросовых и взбросовых деформаций, по-видимому, сопровождавших внедрение среднепалеозойских траппов, являются:

отдельные микросбросовые деформации слойчатости и их сближенные серии (рис. 1);

участки резкого изменения углов падения пластов субгоризонтально залегающей толщи, прослеживаемые на протяжении в первые метры;

зеркала скольжения с крутопадающими ступенчатыми поверхностями и бороздами, распространенные в крепких карбонатных породах;

милониты;

участки тектонических микробрекчий с размерами обломков в первые сантиметры и

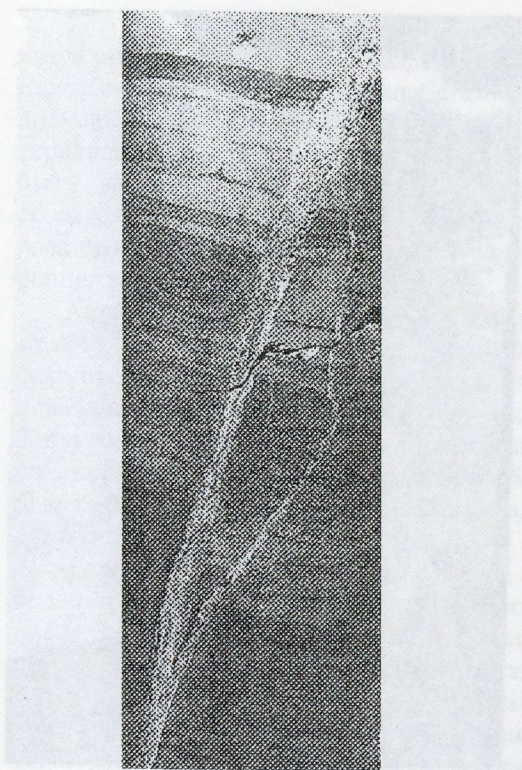


Рис. 1. Трещина микроброса, пересекающая биогермную постройку.

истинной мощностью до первых метров (рис. 2).

Нарушения, которые можно рассматривать как синхронные становлению кимберлитов, проявлены в:

зонах сближенных крутопадающих субпараллельных и взаимно пересекающихся прожилков (трещины диаклаза), выполненных кальцитом, пиритом и в редких случаях доломитом (рис. 3);

сериях сближенных субпараллельных крутопадающих сухих трещин, охватывающих относительно прочные карбонатные породы (тектонический кливаж);

структурах внедрения мергельно-глинистых пород в карбонатные, реже доломитопесчаных в глинистые — типа кластических даек, которые указывают на проявления вязко-пластических деформаций;

линейных и ветвящихся зонах метасоматической доломитизации и кальцитизации (рис. 4, 5);

зеркала скользяния, в которых борозды расположены либо субпослойно, либо

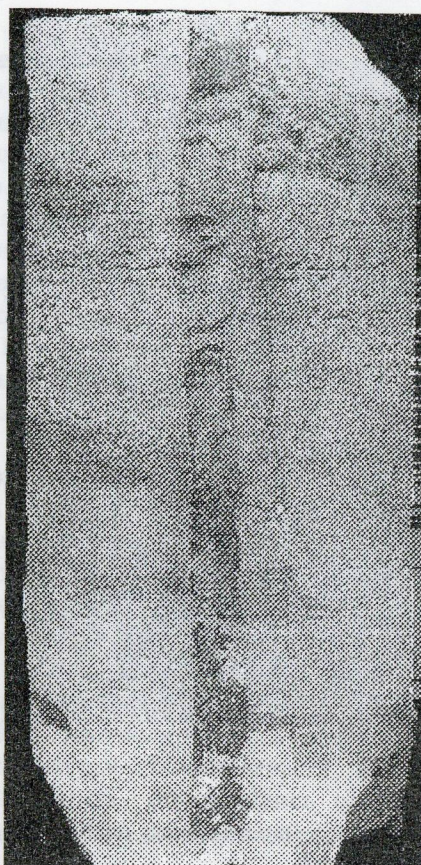


Рис. 2. Линейная зона дробления с оперяющей системой микроразрывов. Масштаб 1:2.

субгоризонтально, что характерно для сдвигов;

следах ударных напряжений.

Морфология прожилков, выполненных карбонатами или пиритом, указывает на их формирование в условиях горизонтального сжатия. Минерализованные трещинки тонкие, нитевидные, кривые, имеют в целом крутое падение. Они часто сменяются короткими межслоевыми тупо выклинивающимися прожилками. Местами кальцитовые прожилки имеют раздувы мощностью до нескольких сантиметров. В таких местах встречаются друзы кальцита, часто ассоциирующего с выделениями розетковидного пирита, реже встречаются кубические и пентагондодокаэдрические кристаллы пирита. Нитевидные прожилки пирита зачастую сопровождаются его метазернистыми субпослойными выделениями.

Многие из перечисленных признаков



Рис. 3. Система трещин диаклаза, выполненных пиритом. Масштаб 1:2.



Рис. 5. Ветвящаяся зона метасоматической доломитизации. Масштаб 1:2.

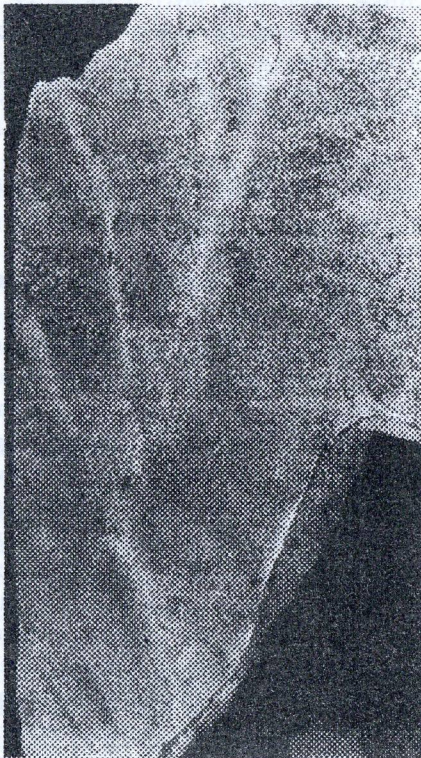


Рис. 4. Многостадийная линейная зона кальцитизации по доломитизированному известняку. Масштаб 1:2.

тектонических нарушений имеют морфологические аналоги нетектонического происхождения. Так, брекчии и брекчиевидные породы могут представлять собой древние оползневые образования, как это было установлено для раннекаменноугольных отложений Минусинского прогиба [5]. В таких случаях они сопровождаются внутрипластовыми мелкими оползевыми складками. При этом в составе обломков должны быть фрагменты, в которых имеются мелкие складчатые нарушения нормальной горизонтальной слойчатости. В ассоциации с оползевыми брекчиями могут быть и микросбросы, поверхности которых переходят в мелкие затухающие вверх по разрезу коленообразные складки. Седиментогенные нарушения такого рода должны соответствовать резким уклонам дна древнего бассейна и иметь строгое стратиграфическое положение, соответствующее проявлениями повышенной палеосейсмичности.

Просадочные карстовые явления могут быть причиной атектонических резких изменений углов падения пластов. В таких случаях они имеют закономерное положение

ние в прикровельной части разреза раннего палеозоя и сопровождаются полостями, заполненными ксеногенным терригенным материалом. С карстовыми провалами могут быть связаны многочисленные зеркала скольжения, распространенные в глинизированных породах верхней части разреза раннего палеозоя.

Характерные для карбонатных пород мелкие короткие прожилки кальцита могут формироваться в позднем диагенезе за счет неравномерной литификации глинисто-карбонатного ила. В отличие от тектонических, они приурочены к конкрециевидным образованиям и могут иметь септариально-радиальное расположение.

Текстуры типа кластических даек в отдельных сечениях морфологически сопоставимы с крупными трещинами усыхания древних осадков или локальными участками, переработанными роющими организмами. Кроме того, они могут быть сходны с седиментогенными нарушениями горизонтальной слоистости, обусловленными локально развитыми биостромами — онколитовыми и строматолитовыми постройками, широко распространенными в разрезах позднего кембрия и раннего ордовика рассматриваемых районов.

Присутствие атектонических и тектоногенных нарушений нормальной слоистости и субгоризонтального залегания осадочных пород, вмещающих кимберлиты, предполагает индивидуальную диагностику признаков разломов в каждом конкретном случае. При решении этих вопросов главными направлениями должны быть:

1) анализ временных взаимоотношений нарушений с очевидными осадочными, гипергенными или тектоническими проявлениями;

2) выделение ассоциаций тектоногенных или седиментогенных образований;

3) установление закономерностей их пространственного распространения.

Важно отметить, что наблюдаемые признаки складчатых и разрывных деформаций в осадочных толщах имеют тенденцию затухания на глубину. Это отмечено В.А.Ивашиным при картировании стенок карьера трубки Мир, наблюдалось авторами на участке трубки имени XXIII съезда КПСС и на других трубках [13]. Наиболее просто это

явление можно объяснить ростом литостатического давления вниз по разрезу и естественным затуханием тектонических напряжений. Возможно, именно с этим надо связывать тенденции расщепления и выклинивания кимберлитовых жил, уменьшения мощности кимберлитовых даек вниз по падению, отмечаемых для большинства хорошо изученных тел.

В целом известная морфологическая зональность кимберлитов, выраженная в смене сверху вниз трубок на линейно-вытянутые каналы и, ниже, дайки и силлы, существование ранних самостоятельных даек и жил кимберлитов логично связывать с разнотипными тектоническими нарушениями. Представляется, что ранние дайки и жилы контролировались разломами, заложенными во время проявления штамповых структур и затем подновленными. Жилы, дайки, силлы, переходящие вверх в кимберлитовые трубки, контролировались приповерхностными зонами трещиноватости, которые, в свою очередь, определялись опережающими структурами и морфологией крупных сдвигов.

Такая интерпретация тектонической позиции кимберлитов открывает возможности целенаправленного картирования рудоконтролирующих структур и должна способствовать повышению эффективности локального прогнозирования коренных месторождений алмазов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

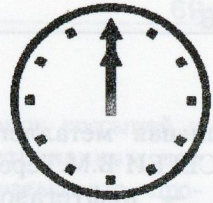
1. Алексеевский К.М., Николаева Т.Т. Роль взрыва в кимберлитовой трубке // Бюллетень МОИП. 1988. Т. 63. № 5. С. 131.
2. Борис Е.И., Францессон Е.В. О закономерностях размещения кимберлитовых тел в Мало-Ботуобинском районе (Западная Якутия) // Изв. вузов. Геология и разведка. 1992. № 5. С. 68—75.
3. Ваганов В.И., Варламов В.А. Структурная позиция и условия формирования кимберлитов Сибирской и Африканской платформ // Советская геология. 1983. № 3. С. 86—89.
4. Деформации кембрийских пород Малоботуобинского района, вмещающих кимберлиты. Авторы: П.А.Игнатов, В.А.Ивашин, В.И.Старостин и др. // Руды и металлы. 1997. № 2. С. 40—46.
5. Игнатов П.А., Сабиров М.А. Нарушения слоистости в туфоогенно-осадочных отложениях быстринской свиты Северо-Минусинской впадины // Изв. вузов. Геология и разведка. 1989. № 10. С. 29—34.
6. Кимберлиты и кимберлитоподобные породы.

- Кимберлиты — ультрасосновая формация древних платформ. Авторы: Б.М.Владимиров, Б.М.Зубарев, Ф.В.Каминский и др. — Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1990.
7. Колдаев С.М. О размещении кимберлитовых тел // Геология и геофизика. 1976. № 12. С. 16—24.
 8. Костровицкий С.И. Физические условия, гидравлика и кинетика заполнения кимберлитовых трубок. — Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1976.
 9. Молчанов Ю.Д., Саврасов Д.И. Физико-геологическая характеристика кимберлитоконтролирующих разломов Мирнинского кимберлитового поля / Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. — Новосибирск: Наука, СО АН СССР. 1985. С. 78—90.
 10. Некоторые особенности пространственного взаимоотношения кимберлитовых тел и трапповых интрузий. Авторы: И.Я.Богатых, В.Н.Сафьянников, В.М.Судаков, М.Г.Контарев / Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. — Новосибирск. Наука, СО АН СССР. 1985. С. 168—172.
 11. Никитин Б.М. Деформации вмещающих пород при формировании кимберлитовых трубок // Известия АН СССР. Сер. геол. 1980. № 11. С. 41—49.
 12. Никулин В.И., Ерхов В.А., Поспеев В.И. О критериях прогноза кимберлитовых полей // Сов. геология. 1988. № 11. С. 3—42.
 13. Попов Н.И. Асаткин В.Б. Природа деформаций каналов кимберлитовых трубок и жил // Известия АН СССР. 1976. № 11. С. 19—24.
 14. Фельдман А.А. Роль глубинного строения восточной части Сибирской платформы и размещения кимберлитового магматизма // Изв. вузов. Геология и разведка. 1989. № 7. С. 44—51.
 15. Цыганов В.А., Микоев И.П., Черный С.Д. Локальные критерии структурного контроля кимберлитового магматизма Западной Якутии // Сов. геология. 1988. № 7. С. 36—46.

P. A. Ignatov, Ya. I. Shtein

TYPES OF LOCAL STRUCTURES CONTROLLING CENTRAL YAKUTIAN KIMBERLITES

Geological indicators of local hidden tectonic dislocations in Late Cambrian and Early Ordovician terrigene-carbonate strata hosting kimberlites of the Malo-Botuobinsky and Sredne-Markhinsky regions of Central Yakutia are discussed. These indicators were established from the results of detailed section studies with core samples. Probable non-tectonic morphological analogues to these indicators are shown.



О целевой программе по оценке минерагенического потенциала чехла Русской платформы

9 июля 1997 года на коллегии МПР России рассматривался вопрос о создании целевой программы «Оценка минерагенического потенциала чехла Русской платформы».

Коллегия отметила, что анализ особенностей геологического строения Русской платформы на основе исследований, проведенных в последние годы с использованием новых подходов и технологий региональных геолого-геофизических работ, позволил уточнить геологическую модель и минерагенический потенциал чехла Русской платформы и высоко оценить ее перспективы на широкий спектр полезных ископаемых. В частности, получена новая геологическая информация о благоприятных перспективах нефтегазоносности центральных районов Европейской части России, прогнозные ресурсы углеводородов здесь оцениваются в 2,0 млрд. т. Установлены широкое проявление и практическая значимость золотоносных песчано-гравийных отложений. В различных районах Русской платформы выявлена россыпная золотоносность. Расширены перспективы алмазонасности региона. Обосновано выявление новых типов урановых месторождений. Выполнена предварительная оценка комплексной металлоносности углеродсодержащих карбонатных отложений и галогенных образований.

Коллегия отметила, что выполняемые различными организациями исследования по оценке минерагенического потенциала чехла Русской платформы недостаточно скорректированы, в том числе по приоритетности работ, последовательности их проведения и научно-методическому обеспечению.

Коллегия приняла решение о целесообразности создания целевой программы научно-исследовательских и геологоразведочных работ «Оценка минерагенического потенциала Русской платформы», в которой следует определить приоритетные направления ра-

бот, включая создание современной геологической и минерагенической основы прогнозирования и развития минерально-сырьевой базы, оценку перспектив геологических комплексов чехла Русской платформы на нефть и газ, золото, алмазы и уран.

Коллегия поручила разработку проекта целевой программы ЦНИГРИ, ВИМСу, ВНИГНИ совместно с Центральным РГЦ, Северо-Западным РГЦ, Северо-Кавказским РГЦ, другими заинтересованными учреждениями и организациями МПР России, Российской Академии наук, Минобразования России.

В соответствии с постановлением Коллегии МПР России о создании программы НИР и ГРР «Оценка минерагенического потенциала чехла Русской платформы» 15 октября 1997 г. в ЦНИГРИ состоялось координационное совещание по обсуждению предложений к проекту программы.

Приглашения принять участие в работе совещания и представить предложения к программе были направлены в 56 организаций. В рабочую группу совещания поступили предложения от 31 организации, среди которых были геологические министерства и комитеты субъектов Российской Федерации, РГЦ, НИИ МПР России и институты Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук РАН.

Кроме сотрудников ЦНИГРИ в работе совещания приняли участие 55 специалистов из Москвы и различных регионов Европейской части России.

В начале совещания со вступительным словом выступил директор ЦНИГРИ И.Ф.Мигачев. Затем были заслушаны обзоры предложений к программе, включающие выделение приоритетных направлений, задач и методов их решения. Обзоры были сделаны ведущими специалистами и обобщали предложения по следующим блокам:

— геологическая картография и регио-

нальная металлогения — зам.директора
ВСЕГЕИ В.М.Терентьев;

— нефтегазоносность — директор
ВНИГНИ К.А.Клещев;

— ураноносность — председатель СЦ
«Геологоразведка» С.С.Наумов;

— алмазоносность — гл.н.с. ЦНИГРИ
В.И.Ваганов;

— золотоносность чехла — зав. отделом
ЦНИГРИ О.С.Набровенков;

— металлоносность платформы — гл.
н.с. ЦНИГРИ Г.В.Ручкин;

— поисковая геохимия и экогеохимия —
зам.директора ИМГРЭ А.А.Кременецкий;

— металлоносность рассолов и минера-
лизированных вод; геоэкологические основы

недропользования — зав.лаб. ВСЕГИНГЕО
М.С.Голицин;

— геолого-экономические основы не-
дропользования; районирование территории
Русской платформы по условиям лицензи-
рования — директор ВИЭМС М.А.Комаров.

Предложения институтов РАН были
обобщены в выступлении заместителя ака-
демика-секретаря ОГГГН РАН Н.С.Борт-
никова.

По итогам координационного совещания
в соответствии с решением Коллегии МПР
России подготовлен и представлен в Мини-
стерство проект программы НИР и ГРР
«Оценка минерагенического потенциала
чехла Русской платформы».

Г.В.Ручкин

А.И.Донец

XI Международное Совещание по геологии россыпей и месторождений кор выветривания, 15–20 сентября 1997 г., Москва–Дубна

В г.Дубна с 15 по 20 сентября прошло XI
Международное Совещание по геологии рос-
сыпей и месторождений кор выветривания:
«Важнейшие промышленные типы россыпей
и месторождений кор выветривания; техноло-
гия оценки и освоения». Совещание проводи-
лось по инициативе Научного Совета РАН по
рудообразованию и металлогении при участии
геологических институтов Министерства при-
родных ресурсов РФ, Российской академии
наук, Российской академии естественных на-
ук и Союза старателей России. Совещание
проходило в помещении и при непосредствен-
ной поддержке Международного Университе-
та природы, общества и человека «Дубна».
Оргкомитет Совещания возглавил академик
РАН *Н.А.Шило*.

Всего было представлено 240 научных
докладов. В работе совещания приняли уча-
стие 68 сотрудников НИИ РАН и МПР из
Москвы, Екатеринбурга, Санкт-Петербур-
га, Новосибирска, Мончегорска, Благовещ-
енска, Сыктывкара, Якутска и других го-
родов; 18 участников представляли различ-
ные производственные организации; 15

участников — учебные заведения Москвы,
Екатеринбурга, Ухты, Воронежа, Санкт-
Петербурга, Томска; 26 — акционерные
общества и старательские артели из Петро-
павловска-Камчатского, Наро-Фоминска,
Красноярска, Бодайбо, Ханты-Мансийска и
др; 22 участника — НИИ академий наук и
различных ведомств Украины, Беларуси,
Кыргызстана; 12 участников — геологиче-
ские организации Канады, США, Бразилии,
Франции и Индии. В работе выставки при-
няли участие 68 человек. Более 300 специ-
алистов присутствовали на совещании и вы-
ставке в качестве гостей.

Министерство природных ресурсов РФ
оказало финансовую и методическую по-
мощь в организации совещания и выставки.
Сотрудники ЦНИГРИ приняли активное
участие в их подготовке и проведении, ра-
ботая в составе комиссий и рабочих групп
оргкомитета, участвуя в проведении экскур-
сий и подготовке печатных материалов со-
вещания.

Работа совещания была организована по
секциям, соответствующим основным при-

оритетным направлениям геологии россыпей и месторождений кор выветривания. На первом пленарном заседании были заслушаны научные доклады, посвященные стратегии развития геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Заседание открылось докладом *А.И.Кривцова*, представившего от группы авторов ЦНИГРИ «Комплект карт экзогенной золотоносности и платиноносности Российской Федерации», в который входят: «Карта экзогенной золотоносности и платиноносности Российской Федерации» масштаба 1:2 500 000, «Карта золотороссыпных зон РФ» масштаба 1:5 000 000, «Прогнозная карта россыпной золотоносности РФ» масштаба 1:5 000 000, «Карта районирования РФ по геоэкологическим условиям освоения россыпных месторождений золота» масштаба 1:5 000 000. Основная карта масштаба 1:2 500 000 построена с учетом главных факторов россыпеобразования, что обеспечивает эффективное сочетание металлогенических, формационных и структурно-геоморфологических признаков при выделении и типизации золото- и платинороссыпных зон. Для выделенных 86 россыпных районов приведены обобщенные характеристики, включающие информацию о генезисе, условиях залегания, основных сопутствующих компонентах, структуре запасов, учитывающие время формирования россыпей различных генетических типов. Для более чем 400 россыпей даны типоморфные характеристики самородного золота и платиноидов. По субъектам РФ впервые для страны приведены показатели освоения начального потенциала и начальных ресурсов россыпной и коренной золотоносности и их соотношений. Для районов и их групп дана перспективная оценка возможного освоения россыпей нетрадиционных типов — с мелким и тонким золотом, ранее не учтенным при оценке прогнозных ресурсов, а также намечена группа районов, перспективных на выявление месторождений золотоносных кор выветривания. На первом пленарном заседании также прозвучали доклады, дающие оценку минерально-сырьевой базы и ее производственного освоения (*Б.И.Беневольский* и *В.И.Таракановский*).

На секции «Условия формирования и эволюция главных промышленных и потен-

циально-промышленных типов россыпей и месторождений кор выветривания» под председательством *Ю.Ю.Бугельского*, профессора *Соня Мария Б. де Оливейра* (Бразилия) и *Н.А.Рослякова* было представлено более 70 докладов, освещающих важнейшие вопросы геологии и генезиса россыпных и коровых месторождений, их типизации, перспектив освоения для Балтийского щита, Урала, Алтае-Саянской провинции, Украины, Кыргызстана, Бразилии, Индии, Южного Вьетнама и др. Приведены новые данные по различным аспектам геологии кор выветривания, включая особенности формирования кор выветривания кимберлитов, древних эпох корообразования Урала, Воронежского массива, затронуты проблемы коро- и россыпеобразования на территориях молодых вулканических поясов.

На секции по новым промышленным типам, районам и провинциям россыпей и месторождений кор выветривания под председательством *Н.Г.Патык-Кара*, *Н.Н.Зинчука* и *А.Д.Слукина*, было заслушано около 40 научных докладов по региональной геологии новых золото- и платинороссыпных районов Олюторской зоны Северо-Востока России, центральной части Восточно-Европейской платформы, Юконского района Канады.

18 сентября работа Совета проходила по рабочим группам, объединившим специалистов технического и технологического направлений. Под председательством доктора *Яна Красона* (США) и *И.Б.Флерова* на заседании рабочей группы были обсуждены вопросы, связанные с эффективной отработкой россыпных месторождений золота и золотоносных кор выветривания.

Геоинформационные технологии при поисках и оценке россыпей и месторождений кор выветривания были представлены академиком РАЕН *Е.Н.Черемисиной*. Информационно-аналитические компьютерные системы при прогнозно-металлогенических исследованиях в последние годы успешно развиваются в лаборатории компьютерных технологий ЦНИГРИ, в центре информационного обеспечения «Минерал» ИГЕМ РАН, ИАЦ «Минеральные ресурсы мира» ГНПП «Аэрогеология», в научном центре «ВНИИ-Геосистем».

Проблемам картирования и прогнозной

оценки зон гипергенеза и связанных с ними полезных ископаемых было посвящено заседание рабочей группы под председательством *Б.М.Михайлова*. Месторождения зоны гипергенеза вызывают в последнее время все больший интерес. Это нашло отражение в докладах по оптимизации картирования и прогнозированию месторождений кор выветривания урана, платины, золота, алмазов.

Заседание рабочей группы под председательством *Н.Г.Патык-Кара* и *М.А.Алексеева* было посвящено специфике месторождений полезных ископаемых четвертичного периода. В заключении заседания рабочей группы было принято обращение к оргкомитету NGUA о создании комиссии по месторождениям четвертичного периода.

Технологические проблемы были рассмотрены на секции «Новые технологии оценки и освоения россыпей и месторождений кор выветривания; экологические последствия; техногенные месторождения» под председательством *Л.З.Быховского*, *Б.И.Беневоляского*, *Ю.Н.Брагина*. Обсуждалось более 40 научных докладов, в которых рассматривались новые подходы к оценке и прогнозу месторождений кор выветривания, палеороссыпей закрытых территорий, экологическим последствиям освоения россыпных месторождений, проблемам освоения техногенных россыпей; предложены новые технические подходы к разработке россыпей и месторождений кор выветривания, в частности, способ скважинной гидродобычи.

Значительный интерес у участников Совещания вызвала секция «Мелкое и тонкое золото» под председательством *Н.М.Риндзюнской*. Было зачитано 10 научных докладов. Секция «Минералогия россыпей и месторождений кор выветривания» (председатель *С.В.Яблокова*) объединила специалистов по тонкой технологии изучения вещества россыпей и кор выветривания. В докладах были рассмотрены особенности минералов кор выветривания, а также золотых, алмазных и платинометалльных россыпей.

К совещанию была издана книга «Россыпные месторождения России и других стран СНГ. Минералогия, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы», отв. редакторы академик *Н.П.Лаверов* и *Н.Г.Патык-Кара*. В работе

показано современное значение и перспективы россыпей как важнейшего промышленного типа месторождений золота, алмазов, титана, циркония, олова, металлов платиновой группы, ювелирных и ювелирно-поделочных камней и др. От ЦНИГРИ в ней приняли участие *Б.И.Беневоляский*, *Е.В.Матвеева*, *В.Е.Минорин*, *Н.М.Риндзюнская*, *Б.В.Рыжов*. Коллективом авторов ЦНИГРИ (*Н.М.Риндзюнская*, *В.Б.Чекваидзе*, *В.И.Пятницкий* и др.) также была издана работа «Технологии ускоренных поисков месторождений золота в корях выветривания».

Впервые за историю подобных мероприятий в течение трех дней была организована выставка, инициатором которой стал председатель Союза старателей *В.И.Таракановский*. Материалы выставки были ориентированы на потенциальных потребителей — специалистов научно-производственного звена НИИ, занимающихся технологическими и техническими разработками, производителей техники — специалистов различных СКБ, конструкторских бюро заводов, инженерно-технического персонала старательских артелей и частных предприятий. На выставке было представлено оборудование для переработки руд кор выветривания и россыпей, лабораторное и аналитическое оборудование, макеты промышленных установок по переработке минерального сырья, буровое оборудование, компьютерные технологии. В выставке приняли участие 11 организаций: МПР, ВИМС, ВНИИ-Геосистем, ВСЕГЕИ, ГПП «Аэрогеология», ИМГРЭ, ОАО «Грант», СКБ «Геотехника», ТКЗК, ТулНИИГП, ЦНИГРИ. Здесь были представлены новые картографические материалы (ЦНИГРИ, ВСЕГЕИ, ИМГРЭ), научно-методические и научные издания, образцы нового оборудования, в частности, по извлечению и переработке песков россыпей с мелким и тонким золотом (стенды ЦНИГРИ, ОАО «Грант», ВИМС), буровое оборудование (ГКБ «Геотехника»), компьютерные технологии (ГПП «Аэрогеология», ВНИИГеосистем). Стенд «Союз старателей России» вызвал большой интерес у представителей научных организаций. Впервые научная конференция сопровождалась выставкой, где были показаны технологии переработки сырья и непосредственного

производства драгметаллов, сделаны акценты на первоочередные потребности старательских артелей в воспроизводстве запасов драгметаллов.

Новейшие образцы зарубежных технологий, буровых установок, фабричных линий были представлены на стенде компании «СЕТКО», являющейся официальным дилером компаний Голдфилд Инжиниринг, МД Минерал Текнолоджиз, Суллеир и др.

Компания Интертек представила образцы аналитических приборов, лабораторного оборудования, предложила инжиниринг и создание систем переработки минерального сырья россыпей и кор выветривания.

Компания «Геоэксplorерс» предложила услуги по поставке образцов минералов для научных, музейных и частных коллекций. Большой интерес вызвала также выставка-продажа поделочных камней и изделий от Объединения любителей камня.

На выставке были представлены издательские организации АОЗТ «Геоинформ-марк», ОАО «Издательство Недра», «Научный Мир». Они провели успешную выставку-продажу научных и научно-методических изданий последних лет. Отдел геологической литературы БЕН организовал те-

матическую выставку книг по проблеме геологии кор выветривания и россыпей, предложил свои профессиональные услуги.

На заключительном пленарном заседании были подведены итоги работы совещания и выставки, одобрена идея проведения выставок оборудования. Было принято решение о подготовке к изданию избранных материалов Совещания по рекомендации Оргкомитета в целевом номере журнала «Отечественная геология».

В рамках совещания прошли экскурсии: «Золото-платиновые россыпи Урала», «Первые золотые россыпи Русской платформы» и «Золотоносность четвертичных отложений Московской и Смоленской областей». К совещанию были изданы: программа совещания, путеводители по экскурсиям, каталог выставки, тезисы докладов на русском и английском языках.

Оргкомитет выразил благодарность всем организациям, оказавшим финансовую помощь и принявшие участие в организации и проведении XI Международного Совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания.

Е.В.Матвеева

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



ИЗМАИЛУ СЕРГЕЕВИЧУ ЧАНЫШЕВУ, кандидату геолого-минералогических наук, ведущему научному сотруднику отдела конъюнктуры минерального сырья, исполнилось семьдесят лет.

После окончания с отличием Новочеркасского политехнического института Измаил Сергеевич многие годы проводил поисковые и разведочные работы по оценке коренной и россыпной золотоносности Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Он был начальником крупной Охотской геологоразведочной экспедиции. Под его руководством успешно разведано Хаканджинское золото-серебряное месторождение. Благодаря этому была заложена основа создания нового рудного района. В дальнейшем прогнозная оценка золотоносности Гонжинского выступа подтверждена открытием промышленного золоторудного Покровского месторождения в Приамурье.

Приобретенный производственный опыт Измаил Сергеевич впоследствии успешно сочетает с научными исследованиями в ДВИМСе, а затем с 1977 г. в ЦНИГРИ, работая в качестве старшего научного сотрудника, заведующего лабораторией, отделом, ведущего научного сотрудника.

Богатый профессиональный опыт и огромный багаж знаний И.С.Чанышева с особой полнотой проявились в ЦНИГРИ при выполнении заданий народнохозяйственного значения по анализу состояния и оценке перспектив развития минерально-сырьевой базы благородных металлов с обоснованием первоочередных направлений геологоразведочных работ на перспективу.

Измаил Сергеевич внес существенный вклад в составление «Методического руководства по оценке прогнозных ресурсов благородных металлов», в разработку Генеральной программы геологоразведочных и научно-исследовательских работ на благородные металлы на 1991—2010 гг., а также в составление материалов Государственного доклада «О состоянии минерально-сырьевой базы Российской Федерации».

Многие годы Измаил Сергеевич являлся членом секции геологии и геофизики Ученого Совета ЦНИГРИ, Межведомственного Совета по вопросам Госконтроля, региональным куратором Мингео СССР. Его стиль работы неизменно отличают требовательность к результатам работ и объективность.

И.С.Чанышев — автор около ста научных работ. Он награжден семью медалями, в том числе «За доблестный труд», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне», и отмечен знаком «Отличник разведки недр».

Коллеги и друзья сердечно поздравляют Измаила Сергеевича с семидесятилетием, желают ему долголетия, крепкого здоровья и новых творческих успехов.

ИЗ РЕДАКЦИОННОЙ ПОЧТЫ

К ПЯТИЛЕТИЮ ЖУРНАЛА

Глубокоуважаемые коллеги!

Откликаясь на наш призыв высказать свое мнение о журнале «Руды и металлы» в год его пятилетия, мы, его постоянные подписчики и авторы, решили довести до вашего сведения некоторые соображения, учет которых, как нам представляется, еще более повысит авторитет журнала и расширит круг читателей и подписчиков.

За короткий период ваш журнал приобрел немало почитателей и активных сторонников среди специалистов в области прикладной геологии. Полагаем, что это не случайно: предпринимая это издание, вы совершенно правильно уловили и оценили назревшую потребность геологов-рудников в печатном органе многопрофильного характера, ориентированном не только на публикацию чисто научных разработок в области геологии и металлогении рудных полезных ископаемых, но также на информирование геологов и специалистов смежных областей о новейших достижениях в сфере экономики рудного сырья, методики поисков, разведки и оценки месторождений, технологии и техники обогащения и т.п. Это весьма важно, в частности, для нас — работников высшей школы, именно в вашем журнале мы находим остро необходимые нам свежие материалы по указанным отраслям, которые используем в учебном процессе.

Наше главное пожелание редакционной коллегии состоит в том, чтобы и далее сохранять сформировавшееся лицо журнала, как авторитетного научно-технического издания, интересного и необходимого для широкого круга специалистов, связанных с изучением и освоением рудных полезных ископаемых.

Вместе с тем нам бы хотелось чаще видеть на страницах журнала статьи, посвященные геолого-генетическому моделированию рудных месторождений, содержащие высокоинформативные и качественно исполненные иллюстрации. Прежде всего это относится к месторождениям крупным и уникальным, причем не только на территории России. Участие в подготовке таких статей иностранных специалистов позволило бы не только познакомить отечественных геологов с очень важными и принципиально значимыми с позиции развития теории рудообразования открытиями, сделанными в последние годы в Канаде, Китае, Финляндии, Австралии и других странах, но и вывело бы журнал на международный уровень. Очень бы хотелось увидеть в журнале свежие и систематизированные материалы по месторождениям алмазов Китая, Канады, Финляндии, информация о которых в отечественной литературе весьма ограничена.

Было бы неплохо, если бы журнал хотя бы изредка помещал материалы проблемного характера, отражающих эволюцию идей в основополагающих областях рудной геологии и металлогении и акцентирующих внимание (в отличие от журналов академического стиля) на вопросах практического использования современных достижений в нашей области.

Хотелось бы видеть любимый журнал в современном и более «эффективном» полиграфическом исполнении, хотя мы отдаем себе отчет в том, что это может существенно повысить стоимость подписки.

От души желаем успеха всем, кто делает нужное и полезное дело, издавая журнал «Руды и металлы».

Исполнилось 5 лет журналу «Руды и металлы». Благодаря высокому научному уровню публикуемых статей, разнообразию интересных рубрик (трудно отдать предпочтение какой-либо), оперативности, журнал получил заслуженное признание в производственных геологических кругах. Публикуемая информация всегда оригинальна. Хотелось бы отметить также уже ставшие традиционными спецвыпуски журнала, например, посвященные памяти М.Б.Бородаевской, 60-летию ЦНИГРИ.

Думаю, что в перспективе на страницах журнала следует характеризовать сырьевые базы регионов, отдельных видов минерального сырья, проводить анализ валютных оценок прогнозных ресурсов.

Желаю редколлегии журнала уверенности и стабильности, интересных авторов и благодарных читателей. Надеюсь, что в следующем пятилетии журнал станет столь же известным и за рубежом.

Уралгеолком

доктор г.-м. наук *Е.С.Контарь*

Журнал «Руды и металлы» обладает многими достоинствами: в нем освещаются геологическое строение рудных месторождений и алмазов, поиски, разведка и оценка месторождений, характеризуются технические средства разведки, описываются технология и комплексное использование руд. Значительное место в журнале отводится рудноформационному анализу и генезису месторождений, затрагиваются вопросы металлогении.

Однако в журнале мало работ, рассматривающих геологическое строение, рудообразование, окологорудные метасоматиты и рудоносные интрузивные комплексы плутоногенных гидротермальных месторождений в их взаимосвязи; остаются не раскрытыми форма и причина этих связей. Это относится как к золоторудным, так и к ряду других месторождений, связанных с комплексами самостоятельных малых интрузий и даек.

На страницах журнала не получают дальнейшего развития уже имеющиеся разработки ЦНИГРИ, касающиеся роли геологических формаций в рудообразовании. Ряды родственных рудных формаций в опубликованных статьях описаны схематично. Слабо освещаются вопросы как региональной металлогении геосинклинально-складчатых областей, так и металлогении рудных районов.

В журнале встречаются неудачные термины, такие как «редкометалльные» месторождения олова, вольфрама, молибдена, хотя эти металлы редкими не являются; иногда упоминаются «субвулканические» малые интрузии и дайки, а перечисляются типичные гипабиссальные интрузивные породы.

Кафедра геологии полезных ископаемых
МГГА

профессор *П.Д.Яковлев*

К несомненным достоинствам журнала «Руды и металлы» относится его верность традициям отечественной геологоразведочной школы. К сожалению, академические издания родственных направлений заметно теряют эти традиции отчасти из-за зависимости от иностранных спонсоров, отчасти из-за псевдорадикализма. Так, например, отдельные геологические журналы буквально гордятся тем, что им почти удалось изгнать со своих страниц понятие «формация» и классическую фиксистскую терминологию. Но всем нам хорошо известно, что формационные отечественные школы создавались такими корифеями как Н.С.Шатский и М.А.Усов, С.С.Смирнов и Н.П.Херасков, В.А. и Ю.А.Кузнецовы и многими другими крупнейшими нашими геологами. Утратить основы этих школ — не значит ли потерять свое лицо? — Именно поэтому особенно важными и своевременными представляются недавние публикации материалов симпозиума «Рудноформационный ана-

лиз, состояние и перспективы» на страницах журнала-юбилея. Что же касается фиксистой терминологии, то она еще на протяжении ближайшего века останется неисчерпаемой даже в случае превращения всех мобилистских гипотез в неоспоримые истины.

Журнал «Руды и металлы» основан на многолетнем научном фундаменте ЦНИГРИ, и поэтому его пятилетний возраст относительно мал. Для меня лично сущность этого журнала определяется более чем полувековым сплавом работ высочайших профессионалов в области геологии, поисков и разведки рудных месторождений, а также экономики и технологии минерального сырья. Пусть юбилей и впредь сохраняет традиции отечественной геолого-разведочной школы и высокий научный уровень публикаций. Желаю членам редколлегии и авторам новых успехов!

Член-корреспондент РАН,
заслуженный деятель науки РФ
А. А. Сидоров


ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ЗОЛОТО ИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ

В обыкновенном строительном песке есть золото, а в ЦНИГРИ — специалисты, которые:

- определяют места концентрирования золота в процессе переработки песчано-гравийных смесей;
- проведут квалифицированный отбор проб технологических продуктов и определяют содержание в них золота, рутила, ильменита, циркона, граната, магнетита и других минералов;
- выполняют технологическую оценку проб песков и разработают технологию попутного извлечения золота и других полезных компонентов при эксплуатации месторождений песчано-гравийных материалов;
- проведут технологические и технико-экономические расчеты и помогут подобрать и установить необходимое оборудование;
- примут участие в пуско-наладочных и эксплуатационных работах, обеспечат их технологическое и аналитическое сопровождение.

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ

Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 113-59-54

Факс: (095) 313-18-18

E-mail: geolmos@tsnigri.msk.ru

© Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 1997

Технический редактор Н. П. Кудрявцева
Редакция: Н. И. Назарова, А.Э.Седельникова, Е.В.Розова

Сдано в набор
27.10.97

Подписано в печать
08.12.97

Тираж 300 экз.

Формат 185×270 1/8
Бумага офсетная №1
Печать офсетная
Заказ

Адрес редакции: 113545 Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ

Телефон: 315-28-47

Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129«Б»

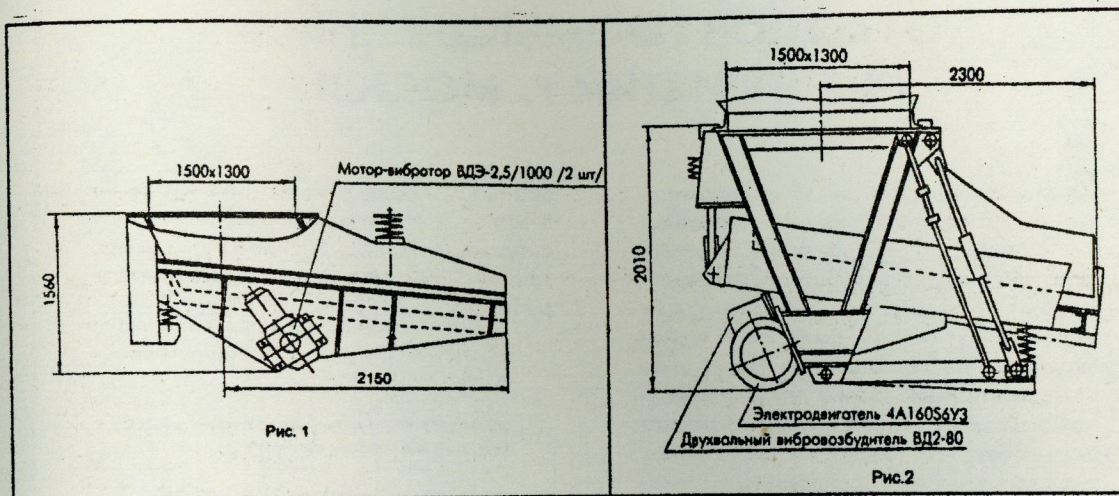
ВИБРАЦИОННЫЕ БУНКЕРНЫЕ ПИТАТЕЛИ ТИПА ПВБ

Предназначены для выгрузки из бункеров кусковых материалов крупностью до 500 мм (руды, каменного угля, песка и других инертных материалов, минеральных удобрений, торфа, поваренной соли и др.).

Поставляются двух типоразмеров:

ПВБ-1,4/2,5 - 540 (привод - два мотор-вибратора);

ПВБ-1,0/2,5-1837-04 (привод - двухвальный вибровозбудитель, соединенный муфтой с двигателем).



Техническая характеристика

Показатели	Типоразмер	
	ПВБ-1,4/2,5-540 (рис. 1)	ПВБ-1,0/2,5-1837-04 (рис. 2)
Размеры лотка, мм	1400×2500	1000×2500
Производительность, м ³ /ч	250-500	150-350
Мощность двигателя, кВт	2×2,2	11
Габаритные размеры, мм	3100×2100×1560	3340×2146×2010
Масса, кг	2600	3800

Отличаются простотой конструкции, надежностью, безопасностью в работе, исключают зависание материала и сводообразование в бункерах.

Поставка готовых изделий - незамедлительно после получения предоплаты.

ТОО "КОНСИТ" 109180, Москва, а/я 29
E-mail: consit@com2com.ru

Тел. (095) 236-04-16, тел/факс. 239-40-54
Internet: www.com2com.ru/consit



ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ОПРОБОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ г. МОСКВЫ

В Москве около 6 тысяч предприятий металлургического, машиностроительного, приборостроительного и химического профиля, образующих производственные отходы и загрязняющих окружающую среду. Вместе с тем экологически опасные отходы могут рассматриваться как сырье для извлечения тяжелых цветных, благородных и редких металлов. Так, опробование отходов производств ряда предприятий г. Москвы показало, что содержание в них металлов достигает следующих значений: меди — 6 %; никеля — 2 %; цинка, свинца — 6 %; благородных металлов —

300 г/т; редкоземельных элементов — 8 кг/т. Для улучшения экологической ситуации в Москве ЦНИГРИ предлагает выполнение следующего комплекса работ:

- проведение технологического опробования отходов предприятий;
- определение их технологического состава и физико-химических свойств;
- определение ценности отходов;
- разработка технологии утилизации отходов;
- инженеринговое обеспечение внедрения технологии переработки отходов.

R-13.15

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 113-59-54
Факс: (095) 313-18-18
E-mail: geolmos@tsnigri.msk.ru

© Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 1997