

# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



2/1996

ISSN 0869-5997





**С Днем Гео**

*Вороши*



# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



Научно-технический журнал

Выходит 6 раз в год

Основан в 1992 году

ISSN 0869-5997

2/1996

## 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  
И. В. КРЕЙТЕР (отв. секретарь)  
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  
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

Академии минеральных ресурсов,

фонда им. академика В. И. Смирнова

Москва ЦНИГРИ 1996



# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## Металлогения Русской платформы

- |  |    |  |
|--|----|--|
| <p>Мигачев И. Ф., Клюквин А. Н., Сыч-кин Н. И., Ручкин Г. В.<br/>Основные результаты исследований рудоносности чехла Восточно-Европейской платформы и приоритетные направления геологоразведочных и научно-исследовательских работ</p> | 5  | <p><i>Migachev I. F., Klyukvin A. N., Sychkin N. I., Ruchkin G. V.</i><br/>Key results of studies on ore-bearing cover of the East European platform and foremost leads in geological prospecting and research activities</p>              |
| <p>Ваганов В. И., Варламов В. А., Голубев Ю. К., Фельдман А. А., Сычкин Н. И., Демченко Б. М., Бич А. В.<br/>Центральная часть Восточно-Европейской платформы — новая алмазоперспективная территория</p>                               | 10 | <p><i>Vaganov V. I., Varlamov V. A., Golubev Yu. K., Feldman A. A., Sychkin N. I., Demchenko B. M., Bich A. V.</i><br/>Central regions of the East European platform as a new potential diamondiferous territory</p>                       |
| <p>Горжевский Д. И., Ручкин Г. В., Володин Р. Н., Донец А. И.<br/>Месторождения цветных и благородных металлов осадочных бассейнов чехлов древних платформ и геологические предпосылки их открытия на Русской платформе</p>            | 17 | <p><i>Gorzhevsky D. I., Ruchkin G. V., Volodin R. N., Donets A. I.</i><br/>Base and precious metal deposits in sedimentary basins of ancient platform covers and geological prerequisites for finding them within the Russian platform</p> |
| <p>Быховский Л. З., Зубков Л. Б., Патык-Кара Н. Г.<br/>Перспективы промышленного освоения титано-циркониевых россыпей Русской платформы и задачи дальнейших исследований</p>   | 28 | <p><i>Bykhovsky L. Z., Zubkov L. B., Patyk-Kara N. G.</i><br/>Prospects for commercial development of Ti—Zr placers in the Russian platform and challenges for further studies</p>   |
| <p>Тюленева В. М., Пеньков В. Ф., Комарова Г. В.<br/>Оценка перспектив и критерии локализации урано-битумного оруденения в осадочном чехле Русской платформы (Среднее Поволжье)</p>  | 38 | <p><i>Tyuleneva V. M., Pen'kov V. F., Komarova G. V.</i><br/>Evaluation of prospects and criteria of localization of uranium-bituminous ores in the sedimentary cover of the Russian platform (Middle Povolzhie)</p>                       |
| <p>Халезов А. Б.<br/>Основные типы уранового оруденения востока Русской платформы, их генезис и перспективы</p>  | 48 | <p><i>Khalezov A. B.</i><br/>Essential types of uranium ores in the east of the Russian platform, their genesis and prospects</p>  |
| <p>Константиновский А. А., Волчков А. Г., Конкин В. Д., Захарова О. Н.<br/>Доманиковые слои центральной части Русской плиты и их потенциальная рудоносность</p>  | 54 | <p><i>Konstantinovskiy A. A., Volchkov A. G., Konkin V. D., Zakharova O. N.</i><br/>Domanik strata in the central parts of the Russian plate and potential ore contents therein</p>  |
| <p>Иванкин П. Ф.<br/>Проблема металлоносности галогенных формаций Восточно-Европейской платформы (ВЕП)</p>   | 60 | <p><i>Ivankin P. F.</i><br/>The problem of metal contents in halogen formations in the East European platform (EEP)</p>  |
| <p>Казаринов С. Л.<br/>Формационный подход к золотороссыпным объектам как основа их типизации</p>  | 65 | <p><i>Kazarinov S. L.</i><br/>Typification of placer gold depositional features on the basis of a formation-based approach</p>   |
| <p>Боларович Г. П.<br/>Месторождения золота России в карбонатных породах</p>   | 76 | <p><i>Volarovich G. P.</i><br/>Carbonate-hosted gold deposits in Russia</p>  |



# МЕТАЛЛОГЕНИЯ РУССКОЙ

## Поздравляем

## Congratulations

Восьмидесятилетие Д. И. Горжевского	86	80th anniversary D. I. Gorzhevsky
Юбилей Л. А. Николаевой	87	Jubilee L. A. Nikolaeva
Шестидесятилетие Б. И. Беневольского	88	60th anniversary B. I. Benevolsky

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РУДОНОСНОСТИ  
ЧЕХЛА ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ И  
ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

И. Ф. МИГАЧЕВ (ЦНИГРИ Роскомнедра), А. Н. КЛЮКВИН, Н. И. СЫЧКИН  
(ЦРГЦ Роскомнедра)

Работами по исследованию рудоносности чехла восточной Европы в последние десятилетия достигнуты значительные успехи. В настоящее время восточная Европа является одним из основных регионов, привлекающих внимание геологов и металлогенов. Восточная Европа обладает значительными запасами полезных ископаемых, в том числе металлов. В настоящее время восточная Европа является одним из основных регионов, привлекающих внимание геологов и металлогенов.

## Информация о публикации

### некоторые документы

#### в журнале за 1995 г.

Выдающиеся достижения в исследовании рудоносности чехла восточной Европы. Восточная Европа обладает значительными запасами полезных ископаемых, в том числе металлов. В настоящее время восточная Европа является одним из основных регионов, привлекающих внимание геологов и металлогенов. Восточная Европа обладает значительными запасами полезных ископаемых, в том числе металлов. В настоящее время восточная Европа является одним из основных регионов, привлекающих внимание геологов и металлогенов.

Восточная Европа обладает значительными запасами полезных ископаемых, в том числе металлов. В настоящее время восточная Европа является одним из основных регионов, привлекающих внимание геологов и металлогенов. Восточная Европа обладает значительными запасами полезных ископаемых, в том числе металлов. В настоящее время восточная Европа является одним из основных регионов, привлекающих внимание геологов и металлогенов.



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

**В этом номере журнала  
публикуются доклады, сделанные  
на научно-практической  
конференции**

**«ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
РУДОНОСНОСТИ ЧЕХЛА  
ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ  
(РУССКОЙ) ПЛАТФОРМЫ»**

**(ЦНИГРИ 14–15 ноября 1995 г.).**

**Информация о конференции и  
некоторые доклады опубликованы  
в № 6 нашего журнала за 1995 г.**

Технический редактор Н. П. Кудрявцева

Редакция: Н. И. Назарова, И. В. Крейтер, А.Э.Седельникова, М.В.Леженко

Сдано в набор  
12.02.96

Подписано в печать  
11.03.96

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»



# МЕТАЛЛОГЕНИЯ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ



УДК 553.550.812.1(4703)

© Коллектив авторов, 1996

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РУДОНОСНОСТИ ЧЕХЛА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

И. Ф. МИГАЧЕВ (ЦНИГРИ Роскомнедра), А. Н. КЛЮКВИН, Н. И. СЫЧКИН (ЦРГЦ Роскомнедра), Г. В. РУЧКИН (ЦНИГРИ Роскомнедра)

*Работами последних лет на территории Восточно-Европейской платформы (ВЕП) выявлены перспективные алмазоносные площади, доказана золотоносность аллювия современных водотоков, установлены проявления других видов минерального сырья. Намечены приоритетные направления по изучению рудоносности платформы. В качестве первоочередных для промышленного освоения с попутной добычей золота выдвинуты месторождения песчано-гравийных материалов.*

Выявленные в Российской Федерации минерально-сырьевые ресурсы весьма неравномерно распределены на ее территории. Субъекты Федерации, расположенные в Европейской части России, если исключить месторождения, обнаруженные в платформенном основании, практически не обладают сколько-нибудь значимыми скоплениями рудных полезных ископаемых (в первую очередь, цветных, благородных и редких металлов), а запасы дефицитных нерудных полезных ископаемых (фосфоритов, другого агрохимического сырья, горнохимических ресурсов и др.) ограничены.

Вместе с тем, платформенные основания и чехлы других регионов Российской Федерации и континентов мира обладают значительным металлогеническим потенциалом и содержат многие месторождения полезных ископаемых, включая уникальные по масштабам. В их числе месторождения свинца и цинка в карбонатных толщах Северо-Американской платформы, медистые песчаники и сланцы Европы, а также такие уникальные объекты как золоторудное месторождение Олимпик Дам и полиметаллическое Маунт-Айза в платформенных структурах Австралии, металлоносные черносланцевые толщи

перикратонных прогибов Северо-Американской и Южно-Китайской платформ.

Хорошо известно, что архангельские алмазы могли бы быть обнаружены значительно раньше, если бы не было гипноза идеи о пассивности ВЕП и отсутствии на ее площади процессов и продуктов активизации. Пересмотр устоявшихся взглядов на перспективы золотоносности зеленокаменных поясов фундамента ВЕП и на возможности докембрийской тектоно-магматической протоактивизации, сопровождавшейся ремобилизацией и концентрацией золота в метатерригенных толщах протерозоя, позволил ЦНИГРИ рекомендовать площади метатерригенных и зеленокаменных комплексов Украинского щита для поисков промышленных залежей золота, что успешно было реализовано геологами Украины в последние годы.

Вышеприведенные примеры убеждают, что ограниченность минерально-сырьевых ресурсов ВЕП обусловлена не столько геологическими, сколько субъективными факторами — недооценкой значительного потенциала платформы, особенно ее осадочного чехла. Это было связано с высокой в прошлом эффективностью обнаружения месторождений в восточных регионах России и



привязкой объемов ГРП к традиционным центрам горнодобывающей промышленности, опережающим геологическим освоением территорий других республик бывшего СССР, в ущерб изучению центральных районов России.

В связи с этим, учитывая весьма различную степень и характер изученности ВЕП на территории России, особенно на выявление нетрадиционных типов месторождений (цветных металлов, золота, серебра, платиноидов и других), а также недооценку возможностей комплексности ряда традиционных типов месторождений (золотоносности фосфоритов, рыхлых строительных материалов, соленосных отложений, титано-циркониевых россыпей и других), в мае 1993 г. руководство Роскомнедра приняло решение о разработке комплексной программы «Русская платформа». Подготовительная работа была поручена ЦНИГРИ. В октябре 1993 г. состоялось рабочее координационное совещание. В соответствии с решением этого совещания по собственным материалам ЦНИГРИ и материалам ряда других организаций в декабре 1993 г. был подготовлен проект программы «Русская платформа». Проект был передан на рассмотрение в Роскомнедра, но, к сожалению, до сих пор не получил окончательной оценки.

Тем не менее, интенсивность геолого-разведочных и научно-исследовательских работ на Русской платформе в последние годы несколько возросла. При этом основной объем таких работ осуществлялся в рамках пообъектного плана ЦРГЦ и включал следующие основные направления:

геологическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая и геоэкологическая съемка и доизучение масштаба 1:200000;

металлогеническое картирование с созданием методик геолого-динамического картирования;

геофизические работы для разных целей, в т.ч. создание геофизической основы для картографирования, расшифровки глубинного строения территорий, методические исследования;

оценка россыпной и коренной алмазности и золотоносности.

В результате проведенных работ были, в частности, выявлены перспективные алмазоносные площади: Брянско-Смоленская,

Павловская в Воронежской области, Нелидовская в Тверской и три площади в Архангельской областях. На них проведены детализационные работы и установлены все признаки, отвечающие прогнозно-поисковой модели кимберлитового поля, включая алмазы ближнего сноса и локальные ореолы минералов-спутников.

Исключительно интересны данные детализационных поисковых работ, проведенных ГТП «Костромагеология» в 94—95 гг. на притоках реки Ветлуга (Шайма, Вохма, Чарба, Парюг и др.), где установлена золотоносность современного аллювия и отложений, слагающих вытянутые вдоль русла рек террасы I и II уровня. Золото обнаружено в аллювии большинства рек, в частности, по некоторым линиям поисковых шурфов содержания золота достигают 1—3,5 г/м<sup>3</sup>.

Из других результатов работ по оценке золотоносности осадочных формаций чехла ВЕП следует отметить изучение продуктов переработки Лопатинского ГОКа (Егорьевское месторождение фосфоритов), подтверждающих золотоносность фосфоритонесных толщ, в частности, наличие видимого золота в песковой формации фосфоритонесных горизонтов.

На ближайшие годы, с учетом полученных результатов, планируется продолжение работ по оценке перспектив золотоносности осадочного чехла центральной части ВЕП с составлением прогнозных карт перспективных районов и проведение поисков и поисково-оценочных работ на выявленных участках аллювиальных золотоносных россыпей.

Касаясь минерагенического потенциала других регионов ВЕП, необходимо обратить внимание на юго-восточные районы Европейской части России.

В восточном Донбассе геологами Ростовской ГРЭ в конце 80-х годов при геологосъемочных работах масштаба 1:50000 была выявлена группа перспективных золоторудных проявлений (Керчикское, Чернореченское и ряд других) в углеродисто-флишоподобных толщах карбона, которые сопровождаются породами андезит-трахиандезитового и лампрофирового комплексов, связанных с киммерийской тектоно-магматической активизацией Донбасса. Установлены основные региональные закономерности размещения оруденения, оценены параметры рудных зон, имеющих протяженность до 1000 м, ши-



рину до 50—70 м. Некоторые зоны изучены на глубину до 200—300 м. Содержание золота варьирует от сотых долей до 180 г/т. Полученные результаты показывают необходимость продолжения поисковых работ на золото в этом регионе, где сейчас на ограниченных площадях проводятся только геолого-съемочные работы масштаба 1:200000.

На юго-востоке Европейской части России намечены и другие перспективные направления (зональность в размещении золота, ртутного, полиметаллического оруденения в Восточном Донбассе, оценка титано-циркониевых россыпей Воронежской антеклизы и Ставропольского свода, мезозойских платформенных формаций Северного Кавказа и др.), проведение научно-исследовательских и геолого-разведочных работ по которым может привести к существенным практическим результатам.

Заметим, что в последние годы яснее стали перспективы различных докембрийских структур Балтийского щита и Воронежского кристаллического массива (ВКМ) в первую очередь на обнаружение месторождений благородных металлов.

В разрезах зеленокаменных поясов этих структур в полной мере представлены геологические формации, вмещающие крупные золоторудные месторождения в Австралии, Канаде и соседней Финляндии. На основе сравнительного анализа геологических обстановок Балтийского щита и зарубежных стран на его территории установлено более двадцати потенциальных золоторудных районов, а также ряд площадей, перспективных на выявление средних и крупных по масштабам месторождений золота. Именно на это нацелены работы, проводимые рядом организаций Роскомнедра по программе «Золото Карелии».

На ВКМ отчетливо выделяется потенциально золотоносная Курская гранит-зеленокаменная область. Формации, слагающие ее, отвечают наиболее перспективным формациям Среднего Приднепровья на Украине, в зеленокаменных поясах которого выявлены первые промышленные золоторудные месторождения.

Работами организаций концерна «Геолого-разведка», ВСЕГЕИ, Института геологии Карельского центра РАН, Воронежского университета расширены перспективы обнаружения комплексного платинометалльного оруденения в

углеродистых терригенных толщах нижнепротерозойских протоплатформенных прогибов Балтийского щита и ВКМ и в структурах их тектоно-магматической активизации.

Среди научно-исследовательских работ, освещающих различные стороны прикладной металлогении, наиболее весомыми представляются работы ВСЕГЕИ по составлению мелкомасштабных карт ВЕП различного геологического содержания, разработки ЦНИИгеолнеруда по оценке комплексов чехла на ведущие типы нерудных полезных ископаемых, обоснование выявления новых типов металлоносных уран-битумных месторождений, выполненное ВИМСом, разработки ЦНИГРИ по применению комплекса электромагнитного зондирования для поисков алмазоносных объектов, глубоко залегающих медно-никелевых месторождений и методов электромагнитного зондирования для картирования элементов строения россыпных месторождений золота применительно к условиям ВЕП, а также исследования по оценке рудоносности чехла платформ на цветные и благородные металлы.

Для оценки рудоносности осадочных бассейнов чехла Русской плиты на цветные и благородные металлы в ЦНИГРИ определен ожидаемый спектр традиционных для древних платформ северного полушария типов полезных ископаемых. На структурно-формационной основе с учетом разработанных геолого-поисковых моделей месторождений колчеданно-полиметаллических, свинцово-цинковых стратиформных и жильных, золоторудных в авлакогенах, комплексных платинометалльных, медистых песчаников и сланцев, проведена типизация обстановок и факторов концентраций рудного вещества применительно к этапам и стадиям развития осадочных бассейнов плиты.

Проведенными исследованиями заложена основа металлогенического районирования чехла ВЕП на цветные и благородные металлы, а также определены проявления других видов минерального сырья (мезозойских и палеозойских желваковых фосфоритов и конкреций фосфоритов в доломитах, глауконитовых песков, эвапоритовых сульфатно-карбонатных образований и ряда других), которые являются концентраторами благородных металлов, что может повысить экономическую значимость указанных объектов.



Среди прикладных результатов геолого-разведочных и научно-исследовательских работ наиболее важными являются разработки по выявлению россыпной золотоносности и золотосодержащих песчано-гравийных материалов (ПГМ), проведенные ЦНИГРИ, ЦРГЦ, МГУ и рядом производственных организаций.

Было осуществлено обобщение имеющихся материалов по золотоносности осадочного чехла ВЕП, разработаны основы методики изучения и опробования на россыпное золото осадочных комплексов мезозоя и кайнозоя, проведено изучение россыпной золотоносности четвертичных отложений флювиогляциального и аллювиального генезиса. В результате опробования более 30 карьеров ПГМ и речных отложений в подавляющем большинстве изученных разрезов было выявлено кластогенное золото размером до 2,5—3 мм при среднем значении 0,15—0,05 мм.

Среднее содержание золота в продуктивных горизонтах месторождений ПГМ мощностью 10—12 м составляет, в частности, по Вяземскому ГОКу 25—30 мг/м<sup>3</sup>, по Митковскому карьеру — 25 мг/м<sup>3</sup>, по Храмцовскому ГОКу — 40—60 мг/м<sup>3</sup>. На более высокие содержания нередко отмечаются в верхней части разреза продуктивных горизонтов, отличающихся более грубым составом и присутствием глинистого материала в заполнителе. В таких слоях золота содержится от 90 мг/м<sup>3</sup> (Вяземский ГОК) до 120 мг/м<sup>3</sup> (Храмцовский ГОК).

Результаты проведенных работ в сочетании с данными предшествующих исследований, в т.ч. и поисковых работ в пределах восточной части Костромской области и Кама-Вятского междуречья, дают основания для выделения протяженной (около 1500 км) золотоносной Смоленско-Вятской зоны.

Эта зона перспективна на попутное извлечение золота при эксплуатации ПГМ (предварительные расчеты показывают возможность получения 500—700 кг золота в год) и при расчистке фарватеров крупных рек, а также — в восточной части зоны — на обнаружение небольших по масштабам россыпей, пригодных для отработки малыми предприятиями.

Таким образом, на современном этапе изученности наиболее перспективным для промышленного освоения типом золотонос-

ных месторождений Европейской части России являются месторождения песчано-гравийных материалов с попутной добычей золота. В этих месторождениях золото содержится в исходном сырье для получения песчано-гравийных смесей — до 30—100 мг/т и в продуктах промышленного передела: в хвостах до 50—200 мг/т; в концентратах промывки хвостов — от первых граммов на тонну до 30—50 г/т.

Предварительная оценка деятельности предприятий, разрабатывающих месторождения ПГМ, показывает, что потенциальные запасы россыпного золота на каждом из них могут составлять от 300 до 1500 кг, при этом ежегодно такие предприятия при переработке сырья выбрасывают вместе с хвостами от 30 до 100 кг золота.

При этом свыше 90% золота концентрируется в классе — 0,5 мм; так, при общем содержании золота в пробе 220 мг/т, его содержание в классе 0,25—0,125 мм достигает 700 мг/т. Проба золота — 950; отмечается присутствие металлов платиновой группы.

По результатам выполненных работ и предварительных технико-экономических расчетов рекомендована организация попутного извлечения золота на двух предприятиях — Вяземском ГОКе (Смоленская обл.) и Храмцовском карьере (Ивановская обл.)

Учитывая технологические свойства золота и наличие готовой инфраструктуры действующих ГОКов, для его извлечения разработана технология, обеспечивающая извлечение не менее 50% металла в концентрированный гравитационный концентрат и позволяющая улучшить качество классифицированных песков.

По нашему мнению, целесообразно на одном из комбинатов смонтировать цепь аппаратов производительностью 15-20 т/час и с привлечением заинтересованных организаций провести опытно-промышленные испытания. При проведении испытаний отработать технологию попутного извлечения золота (можно было бы проверить эффективность использования на отдельных технологических операциях различных обогащательных аппаратов) и получить данные, необходимые для проектирования участков по извлечению золота из ПГМ и выполнения технико-экономических расчетов.

В 1995 г. завершены работы по оценке



перспектив алмазонасности центральных районов ВЕП с составлением прогнозной карты масштаба 1:1000000. Исследования проводились совместно ЦНИГРИ, ВСЕГЕИ, ЦРГЦ, ГПП Центргеология, Воронежгеология, Калугагеология, Тверьгеология под общим научно-методическим руководством ЦНИГРИ. В результате впервые показано, что центральная часть платформы может явиться новой крупной алмазонасной субпровинцией. На прогнозной карте отражены основные возможные кимберлитоконтролирующие структуры и выделены перспективные площади ранга района — поля, в том числе 5 площадей первой очереди опоискования. Впервые проведена ранжировка площадей по возможному возрасту проявления алмазонасного магматизма.

Направления дальнейших геологоразведочных работ на алмазы на ВЕП вполне очевидны и сводятся к следующему:

региональный прогноз с составлением прогнозных карт 1:1000000 на западный склон Урала, Поволжье и северо-восток Европейской части России (Новгородская, Псковская, Ленинградская области, Карелия), после чего перспективы всей территории ВЕП будут определены в едином методическом ключе на прогнозной карте 1:1000000;

среднемасштабный прогноз с составлением комплекта специализированных карт 1:200000—1:50000 в пределах выделенных перспективных площадей первой очереди опоискования с локализацией участков ранга куста кимберлитовых тел под поиски;

завершение среднемасштабных прогнозных исследований параллельно с поисковыми работами на выделенных локальных участках, прежде всего в пределах Архангельской, Воронежской и Тверской областей.

Таким образом, полученные за последние годы результаты изучения ВЕП принципиально меняют традиционные представления о металлоносности ее чехла, а дальнейшее развитие геологоразведочных работ может дать весьма значительные прикладные результаты.

Вместе с тем выполняемые работы недостаточно скоординированы по очередности и приоритетности, видам, стадиям, объектам и методам; отсутствуют стратегические цели и задачи, в рамках которых должны проводиться как геологоразведочные, так и научно-исследовательские работы; не учтена необходимость научного опережения, обеспечения и сопрово-

ждения геологоразведочных работ. С этой точки зрения, очевидна необходимость составления перспективной программы работ по оценке рудоносности ВЕП до 2005 г., исходя из отмеченных выше приоритетов и полученных прикладных результатов. Реализация такой программы несомненно будет способствовать выявлению и использованию имеющегося металлогенического потенциала платформы в пределах Российской территории.

Очевидно, что основными направлениями работ на Русской платформе должны быть следующие:

1. Геологическая картография и региональная металлогения.
2. Рудоносность докембрия.
3. Алмазонасность.
4. Рудоносность осадочных бассейнов (авлакогенов, пограничных прогибов, соленосных бассейнов и толщ).
5. Палеороссыпная алмазо- и металлоносность.
6. Россыпная металлоносность.
7. Металлоносность месторождений обломочных строительных материалов.
8. Металлоносность угленосных и фосфатоносных отложений.
9. Агрохимические минеральные ресурсы.
10. Горнорудные минеральные ресурсы.
11. Горнохимические минеральные ресурсы.
12. Металлоносность рассолов и минерализованных вод.
13. Геотермические энергетические ресурсы.
14. Геоэкологические основы недропользования.
15. Геолого-экономические основы недропользования.
16. Районирование территории ВЕП по условиям лицензирования.
17. Методное и методическое обеспечение программы.
18. Технологическое обеспечение освоения минеральных ресурсов.
19. Информационное обеспечение программы.
20. Рекламно-маркетинговое обеспечение.
21. Научно-методическое опережение, обеспечение и сопровождение работ.



Migachev I. F., Klyukvin A. N., Sychkin N. I., Ruchkin G. V.

# KEY RESULTS OF STUDIES ON ORE-BEARING IN THE COVER OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM AND FOREMOST LEADS IN GEOLOGICAL PROSPECTING AND RESEARCH ACTIVITIES

*The works performed in recent years on the East European platform have marked out new areas promising for diamonds, proved the presence of gold in the alluvium of recent streams, and revealed new occurrences of other mineral commodities. Foremost leads of studies on ore contents within the platform have been established. As first priority order targets for commercial development, with co-production of gold, sandy-gravel material deposits are advised.*

УДК 553.31(470.3)

© Коллектив авторов, 1996

## ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ – НОВАЯ АЛМАЗОПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕРРИТОРИЯ

В. И. ВАГАНОВ, В. А. ВАРЛАМОВ, Ю. К. ГОЛУБЕВ, А. А. ФЕЛЬДМАН (ЦНИГРИ Роскомнедра), Н. И. СЫЧКИН, Б. М. ДЕМЧЕНКО (ЦРГЦ), А. В. БИЧ (ГП «Центргеология»)

*В результате специализированных тематических работ последних лет, выполненных ГПП «Центргеология», ЦНИГРИ и ВСЕГЕИ, установлено, что центральные районы ВЕП могут быть отнесены к высокоперспективным на обнаружение алмазных месторождений. Составлен первый вариант прогнозной карты алмазности для данных районов, выделено 24 площади ранга кимберлитового (лампроитового) поля. В пределах прогнозного Осташковского кимберлитового поля обнаружен алмаз.*

В настоящее время, после открытия алмазных кимберлитов в Зимнебережном районе Архангельской области и Терском Береге Белого моря (Кольский полуостров), кимберлитов Тимана, трубок щелочных базальтоидов Жлобинского поля в Белоруссии, кимберлитовых тел в Приазовье на Украине, лампроитов (в том числе с мелкими алмазами) в Карелии, Челябинской области и на Полярном Урале, кимберлитовых трубок в Финляндии, практически не вызывает сомнения, что Восточно-Европейская платформа (ВЕП) является новой крупной алмазносной провинцией мира. Первоначально перспективы алмазности этой провинции связывались в основном с ее периферическими частями, где на дочетвертичную поверхность непосредственно выходят отложения девона. В результате

поисковых и специализированных тематических и научно-исследовательских работ, выполненных за последние 10 лет ГПП «Центргеология», ЦНИГРИ и ВСЕГЕИ, установлено, что к высокоперспективным территориям относятся также и Центральные районы ВЕП.

Совместные прогнозно-поисковые исследования перечисленных производственных и научных организаций проводились планомерно в рамках специально разработанной системы взаимосвязанных прогнозно-минерогенических таксонов, включающей: кимберлитовую провинцию, субпровинцию, зону, поле, локальный перспективный участок (группа тел, куст), конкретное тело (диатрема, силл, дайка). Для диагностики и последующего изучения каждого из выделенных так-



сонов использовался свой масштаб геологических и геофизических съемок, а также проводились соответствующие научно-исследовательские работы.

Процесс прогнозно-минерагенических и поисковых работ на рассматриваемой территории осложнялся рядом объективных факторов, потребовавших дополнительных методических разработок.

Так, поисковая обстановка на территории ВЕП осложнена наличием покровных ледниковых отложений. Из опыта работ на Зимнебережном кимберлитовом поле в Архангельской области следует, что кимберлитовые трубки могут иметь слабый эрозионный срез и небольшие содержания пиропов, что существенно осложняет применение шлихо-минералогического метода. Наконец, изучаемая территория в большей своей части перекрыта верхнепалеозойскими и мезозойскими отложениями значительной мощности, затрудняющими эффективное проведение поисков проявлений среднепалеозойского кимберлитового магматизма. К числу осложняющих факторов относится и состояние геолого-геофизической изученности. Очень редкая сеть структурных буровых скважин не позволяет должным образом осветить строение осадочного чехла и тем более — кристаллического фундамента. На всю территорию имеются только два профиля глубинного сейсмического зондирования на юге Воронежского массива.

Поскольку мелкомасштабное (1:2500000) минерагеническое районирование ВЕП было выполнено нами ранее, перед авторами стояла задача построения прогнозной карты алмазности масштаба 1:1000000 с выделением возможных кимберлитоконтролирующих зон и площадей, благоприятных для обнаружения проявлений кимберлитового и лампроитового магматизма. На первом этапе были разработаны прогнозно-поисковые модели кимберлитоконтролирующих зон и полей (атлас). Модели, составленные для известных алмазоносных регионов мира, позволили усовершенствовать известные и выработать новые критерии диагностики кимберлитоконтролирующих зон, полей, локальных перспективных участков ранга кустов кимберлитовых тел и «адаптировать» эти критерии для условий ВЕП.

Главным объектом диагностики на прогноз-

ной карте масштаба 1:1000000 являлось кимберлитовое (лампроитовое) поле. Под алмазоносным кимберлитовым полем понимается естественная группировка сближенных по времени образования и в пространстве алмазоносных кимберлитовых (лампроитовых) тел, связанных с развитием единой флюидно-магматической колонны, внедрившейся в вертикальную, высокопроницаемую коро-мантийную «стволовую» зону.

Анализ прогнозно-поисковых моделей с учетом закономерностей размещения кимберлитов, вытекающих из модели Зимнебережного кимберлитового поля, позволил разработанные критерии прогноза кимберлитовых полей сгруппировать следующим образом:

1. Структурные критерии по геолого-геофизическим данным, объединяющие:

а) структуры литосферы, формирующие архейские геоблоки, являющиеся благоприятными для локализации алмазоносных кимберлитов, и раннепротерозойские подвижные пояса, в которых предпосылки обнаружения алмазоносных кимберлитовых тел менее благоприятны, однако вероятность открытия месторождений алмазов лампроитового типа не исключена;

б) линейные структуры кристаллического фундамента, представленные трансгеоблоковыми протяженными магноактивными зонами глубинного заложения и отдельными зонами небольшой длины внутри геоблоков и подвижных поясов, формирующие минерагенические (кимберлитоконтролирующие) зоны;

в) кольцевые структуры кристаллического фундамента, по данным гравиметрических, магнитометрических съемок и дешифрирования космофотоснимков, сформировавшиеся в результате возникновения и дальнейшего эволюционного развития глубинных магматических очагов центрального типа;

г) структуры в платформенном чехле, представленные сводовыми и купольными поднятиями, имеющими поперечные размеры, близкие к подобным структурам на известных кимберлитовых полях.

2. Типовые комплексные (в том числе кольцевые) гравимагнитные аномалии, отражающие скрытые на глубине магнопроводящие концентры (следы движения флюидно-магматических колонн).



3. Критерии, вытекающие из особенностей глубинного строения по данным глубинных сейсмических зондирований, представленные: а) повышенными значениями скоростей волн от 8,4 до 8,6 км/с (при средних значениях 7,9—8,2 км/с) на границе кора-мантия; б) различного вида деформациями (прогиб, поднятие, смещение и т.д.) на границе кора-мантия; в) повышенными скоростными характеристиками (6,9—7,2 км/с) нижнего слоя консолидированной коры; г) положительными структурами поверхности кристаллического фундамента и некоторых других внутрикоровых сейсмических границ.

4. Минералогические критерии, связанные с образованием ореолов рассеяния алмазов и его парагенетических спутников.

Параллельно с разработкой критериев прогноза кимберлитовых полей создавалась картографическая база, которая обеспечила последующие прогнозно-минералогические построения. Составлены два типа карт: 1) карта глубинных кимберлитоконтролирующих структур масштаба 1:1000000, построенная, в основном, по геофизическим (гравиметрическим, магнитометрическим и сейсморазведочным) данным, и 2) структурно-формационные карты масштаба 1:1000000 и 1:2500000 с отображением особенностей проявления кимберлитоконтролирующих структур в осадочном чехле и времени их активизации в фанерозе.

При построении карты глубинных кимберлитоконтролирующих структур использован опыт тектонического районирования, проведенного на Украинском и Балтийском щитах, а также ряде других кратонов мира. В первую очередь выделялись архейские геоблоки и обрамляющие их нижнепротерозойские подвижные пояса, поскольку, по существующим представлениям [3], архейские геоблоки перспективны для обнаружения продуктивных кимберлитовых полей, а в нижнепротерозойских подвижных поясах возможно обнаружение месторождений алмазов лампроитового типа.

С этих позиций в пределах изучаемой территории выделены следующие геоблоки: Воронежско-Украинский, Белорусско-Прибалтийский, Вычегодский, Волго-Камский, Тверской. Геоблоки обрамляются Волюно-Двинским, Саратово-Таллинским и Бе-

жецким нижнепротерозойскими подвижными поясами.

Более детальное структурное районирование выполнено с целью выявления и прослеживания по геолого-геофизическим данным различно ориентированных линейных протяженных трансгеоблоковых магмоактивных зон и магмоактивных зон небольшой длины, размещенных внутри геоблоков и подвижных поясов [4]. Эти структуры хорошо проявлены средними и высокочастотными линейными гравитационными аномалиями, иногда в сочетании с магнитными. В глубинном строении, по данным сейсморазведки, они характеризуются повышенными скоростными параметрами и сокращенными мощностями земной коры. Наиболее четко выделяются две трансгеоблоковые магмоактивные зоны близмеридионального простирания: Поченско-Селижаровская и Павловско-Ковровская. В широтном направлении прослежена Нелидовско-Владимирская трансгеоблоковая магмоактивная зона. Эти трансгеоблоковые зоны, пересекая всю рассматриваемую территорию, простираются далеко за ее пределы. В минералогическом отношении им придается кимберлитоконтролирующее значение, поэтому на прогнозной карте они именуются прогнозно-минералогическими зонами. Мы выделяем три основных типа таких зон [1]: 1) мобильно-проницаемые системы линейных мелкоблоковых и дизъюнктивных структур, 2) системы скрытых магмоконтролирующих разломов и 3) краевые дислокации в плечах авлакогенов.

Структурно-формационные карты масштаба 1:1000000 и 1:250000 построены для четырех тектоно-седиментационных циклов: среднепалеозойского, позднепалеозойско-триасового, юрско-раннемелового и позднемелового-кайнозойского. На картах детализированы типы минералогических зон по особенностям их проявления в породах осадочного чехла, выделены сводовые поднятия и купола с размерами, близкими к размерам аналогичных структур на известных кимберлитовых полях. Анализ этих карт в сочетании с немногочисленными данными площадного шлихо-минералогического опробования дал возможность предположить, что на изучаемой территории имеются предпосылки для обнаружения среднепалеозойских, пермо-триасовых, юрско-меловых и кайнозойских проявлений щелочно-ульт-



раосновного магматизма, включая потенциально алмазоносные их разновидности.

Обобщение всего полученного материала позволило построить первый вариант прогнозной карты алмазоносности для центральных районов ВЕП, выделить основные потенциально алмазоконтролирующие минерогенетические зоны и более локальные перспективные площади ранга кимберлитового (лампроитового) поля (рис. 1). Всего выделено 24 такие площади.

Прогнозируемые объекты различаются по полноте комплекса использованных критериев алмазоносности, их представительности и оптимальному сочетанию, поэтому эти объекты далеко не равнозначны по обоснованности (надежности) прогнозных построений и степени перспективности. Наиболее перспективными являются площади, которые размещаются в архейских геоблоках. При прочих благоприятных структурных факторах они контролируются трансгеоблокными магмоактивными зонами, совпадают с положительными структурами в породах осадочного чехла, проявлены в типовых геофизических аномалиях и подтверждаются находками алмазов и их парагенетических спутников. Такими прогнозными полями являются: Осташковское, Павловское, Брянское, Мичуринское (Липецкое) и Гусь-Хрустальное (на последних трех объектах шлихо-минералогическая съемка не проводилась); эти площади рекомендуются к постановке специализированных поисковых работ в первую очередь.

Следующая группа объектов состоит также из пяти прогнозируемых площадей, которые нуждаются в специализированном среднемасштабном доизучении и отнесены поэтому ко второй очереди опоскования. На этих площадях общая и специализированная геологическая изученность недостаточно высока, в связи с чем этап регионального прогноза на них нельзя считать окончательно завершенным. Тем не менее, по ряду критериев и прямым поисковым признакам (наличию минералов-индикаторов и самих алмазов в рыхлых отложениях) перспективы алмазоносности таких площадей иногда можно оценить достаточно высоко. К ним относятся: Смоленская, Калужская, Павелецкая, Ливенская и Нелидовская.

Остальные прогнозируемые площади от-

несены к третьей очереди опоскования. Перспективы их неясны из-за слабой общей и специализированной изученности.

Следует отметить, что приведенная ранжировка прогнозируемых площадей в некоторой степени условна и скорее отражает степень их изученности, чем реальные перспективы алмазоносности. После соответствующего доизучения число площадей с повышенной перспективностью может существенно измениться.

На одной из перспективных площадей, получившей наименование прогнозного Осташковского кимберлитового поля, выделенного ЦНИГРИ на этапе прогнозно-минерогенетических исследований масштаба 1:1000000 еще в 1990 году, проведены среднемасштабные (1:200000) прогнозно-поисковые работы. В результате подтверждена благоприятная региональная структурная позиция прогнозируемого кимберлитового поля, характеризующаяся расположением его в Тверском геоблоке, в узле пересечения простираний различно ориентированных трансгеоблокных магмоактивных зон: близмеридиональной Поченско-Селижаровской, С-С-З Курско-Оленинской и С-В Сухонско-Осташковской. Прогнозируемое поле, располагаясь в юго-восточном «плече» Крестцовского авлакогена, хорошо проявлено кольцевой магнитометрической аномалией, современной концентрической морфоструктурой и купольным поднятием в осадочном чехле. Геолого-структурный анализ показал, что купольное поднятие имеет посткарбонный возраст. Это может свидетельствовать о позднепалеозойско-мезозойской тектонической активизации и связанных с ней возможных проявлениях щелочно-ультраосновного магматизма.

Проведенные структурно-геофизические (гравиметрия, магнитометрия) исследования в пределах прогнозируемого кимберлитового поля позволили изучить его внутреннюю структуру и выделить 7 локальных перспективных участков ранга куста кимберлитовых тел. В пределах участков размещается от 3 до 14 локальных аэромагнитных аномалий трубчатого типа. Аномалии, расположенные за пределами перспективных участков, рассматриваются как менее надежные для обнаружения диатрем. Локальные аэромагнитные аномалии, рас-



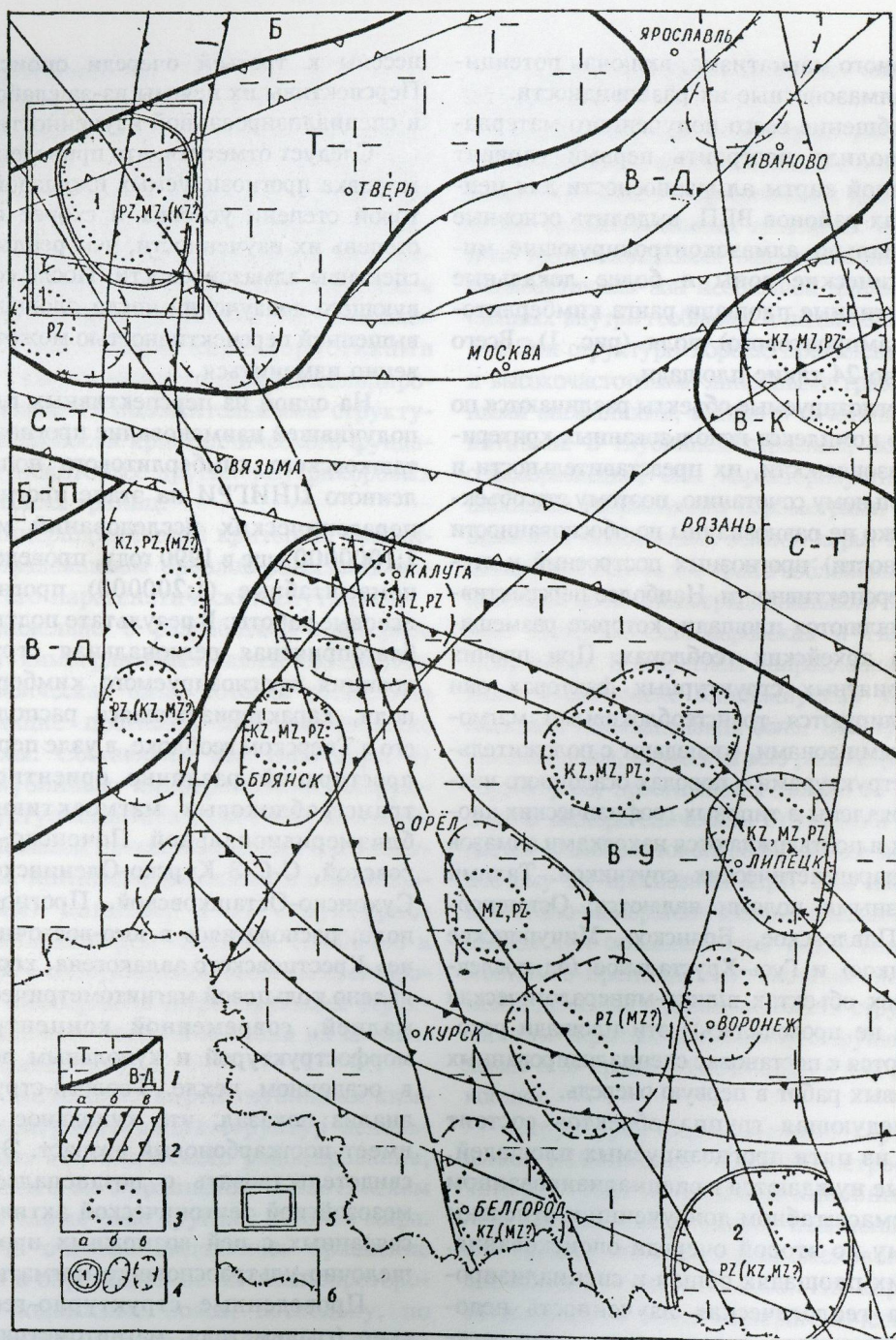


Рис. 1. Схематизированная карта прогноза коренной алмазности центральной части Восточно-Европейской платформы:

1 — граница, разделяющая архейские геоблоки (Белорусско-Прибалтийский (Б-П), Волго-Камский (В-К), Воронежско-Украинский (В-У), Тверской (Т)) и раннепротерозойские подвижные пояса (Вольно-Двинский (В-Д), Саратово-Таллинский (С-Т), Бежецкий (Б)); 2 — прогнозно-минерогенические зоны: а — мобильно-проницаемые системы линейных структур, б — системы скрытых магмоконтролирующих разломов, в — системы краевых дислокаций в «плечах» авлакогенов и рифтогенных структур; 3 — купольные структуры; 4 — контуры прогнозируемых потенциально алмазных полей, рекомендуемых под: а — прямые поиски алмазных пород (Осташковское — 1 и Павловское — 2 поля), б — среднемасштабные прогнозно-минерогенические исследования, в — завершение региональных прогнозно-минерогенических исследований; 5 — контур, в пределах которого проведены среднемасштабные (1:200 000) специализированные работы на Осташковской площади; 6 — государственная граница РФ



положенные в пределах перспективных участков, в свою очередь ранжированы по степени их перспективности.

Шлихо-минералогическое опробование современных водотоков и грубообломочных ледниковых отложений проводилось на основании новейших разработок ЦНИГРИ с учетом известного мирового опыта проведения подобных работ в аналогичных поисковых обстановках [2]. В итоге практически на всей территории Осташковской прогнозной площади установлено наличие хромшпинелидов, а также редких единичных знаков пиропов и хромдиопсида. Изучение химического состава хромшпинелидов, проведенное на рентгеновском микроанализаторе, выявило пять их разновидностей, из которых только две можно связать с кимберлитовыми источниками или родственными породами.

Хромшпинелиды кимберлитового типа обычно концентрируются в достаточно отчетливые ореолы рассеяния. В составе этих ореолов во многих случаях обнаружены также и пиропы. Часть ореолов находится в непосредственной близости от локальных магнитных аномалий и рассматривается как ореолы ближнего сноса. Некоторые ореолы не имеют видимой связи с магнитными аномалиями и классифицируются как «смещенные».

При мелкообъемном опробовании в пределах одного выявленного ореола кимберлитовых хромшпинелидов в грубообломочных ледниковых осадках обнаружено зерно алмаза без следов механического износа. Алмаз, размером  $0,65 \times 0,55 \times 0,43$  мм, представлен поликристаллическим сростком разновеликих октаэдров (6—7 индивидов), причем три из них гораздо крупнее остальных (рис. 2, а).

Алмаз имеет серый цвет из-за многочисленных графитоподобных включений, полупрозрачен, слабо трещиноват. Октаэдры, слагающие сросток, имеют тригональную форму граней. Единичные грани характеризуются слабо выраженным (в виде тонкой штриховки) полицентрическим строением (рис. 2, б). Многие индивиды в той или иной степени подверглись природному окислительному растворению, о чем свидетельствует наличие коррозионных поверхностей на некоторых их ребрах, гранях, вершинах (рис. 3). У части мелких индивидов элемен-

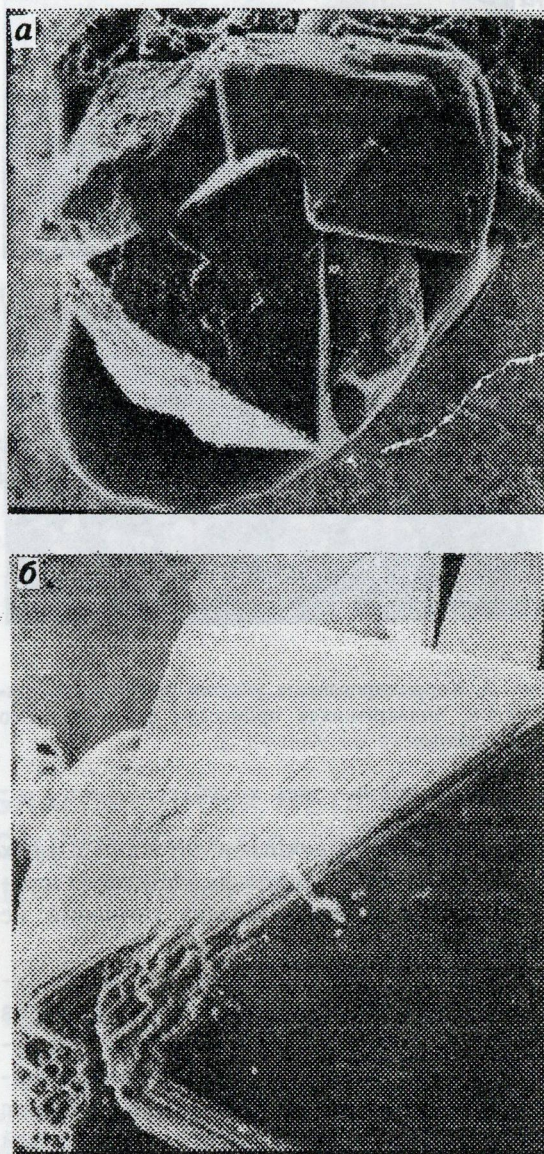


Рис. 2. Поликристаллический сросток октаэдров алмаза:

а — увел.  $\times 101$ , б — увел.  $\times 120$

ты кристаллографической огранки исчезли, и вся поверхность стала пористой, губчатой.

Приведенные признаки говорят о кимберлитовой (лампроитовой) природе найденного алмаза с присущими для алмазов этого генезиса скульптурами роста и растворения. Отсутствие признаков механического износа на поверхности сростка, равно как и его структура, исключает его пребывание в прибрежно-морских или же длительную



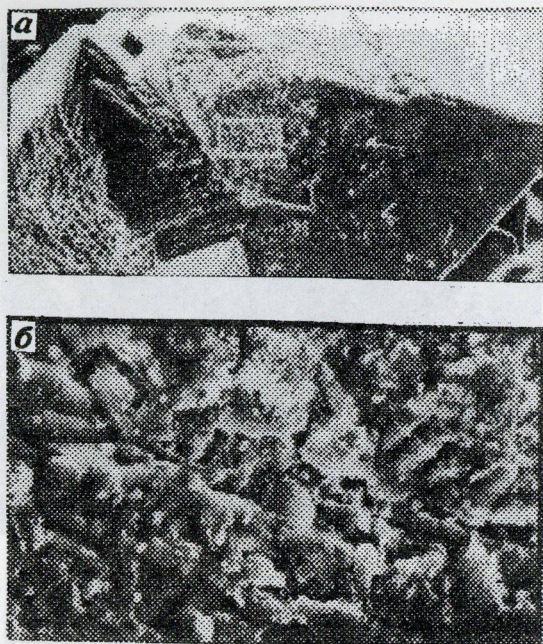


Рис. 3. Корродированные участки поверхности кристаллов, подвергшихся процессам окислительного растворения:

*a* — увел.  $\times 150$ , *б* — увел.  $\times 1500$ .

транспортировку речными потоками в иных более спокойных условиях. «Местное» происхождение данного алмаза сомнений не вызывает.

Наряду с алмазом в той же мелкообъемной пробе обнаружено 35 пиропов, 20 из которых не имеют следов механического износа. На рис. 4 представлено типичное неокатанное зерно пироба неправильной формы, с первичными (обусловленными внутренней трещиноватостью зерна) сколами. Сохранился участок с первично-магматической тонкогребенчатой скульптурой (рис. 4, б).

Таким образом, проведенные среднemasштабные исследования подтвердили выводы региональных прогнозных работ о наличии в Тверском геоблоке Осташковского кимберлитового поля. Дальнейшие геолого-геофизические работы должны быть нацелены на прямые поиски алмазносных кимберлитовых тел. Для этого надо продолжить целенаправленное геолого-геофизическое изучение ранее выявленных аэромагнитных аномалий трубчатого типа в пределах намеченных семи локальных перспективных участков методами: назем-

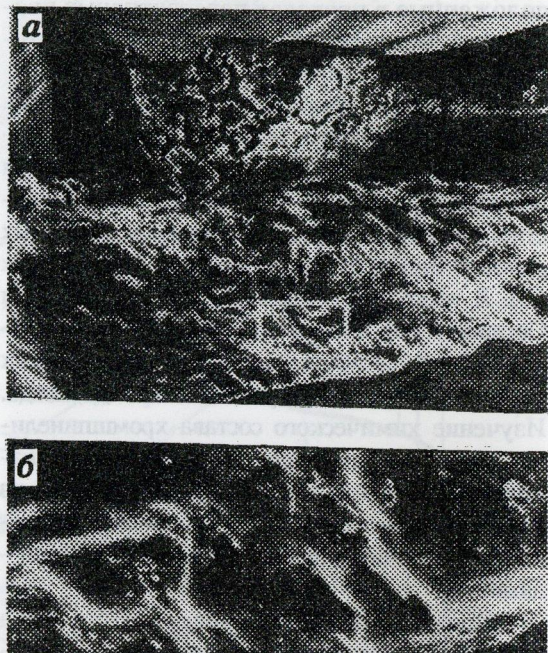


Рис. 4. Зерно пироба с первично-магматической поверхностью:

*a* — общий вид (увел.  $\times 200$ ), *б* — увеличенный фрагмент поверхности (ограничен прямоугольником, увел.  $\times 2000$ )

ной магниторазведки, электроразведки (ПЕЭМП и ДИМ) в сочетании со шлихо-минералогическим опробованием. Заверка аномалий бурением должна проводиться только после получения положительных результатов всего комплекса геолого-геофизических работ.

Систематические прогнозно-поисковые работы на алмазы в пределах ВЕП начаты сравнительно недавно, поэтому изученность платформы в этом отношении остается еще крайне недостаточной. Тем не менее, очевидно, что дальнейшие исследования в данном направлении могут существенно укрепить минерально-сырьевую базу алмазов России, к тому же за счет открытия месторождений в наиболее благоприятных в геолого-экономическом отношении районах с хорошо развитой инфраструктурой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваганов В.И., Варламов В.А., Фельдман А.А., Голубев Ю.К., Прусакова Н.А., Олофинский Л.Н., Бойко А.Н. Прогнозно-поисковые системы для ме-



- сторождений алмазов // Отечественная геология. № 3. 1995. С. 42—52.
2. Голубев Ю.К. Шлихо-минералогические поиски коренных месторождений алмазов в районах материковых оледенений // Тезисы 10-й конф. «Поиски и разведка в областях материковых оледенений». — СПб., 1994 г. С. 79—93.
  3. Синицын А.В. Региональная тектоника и металлогения раннего докембрия. — Л.: Наука, 1990.
  4. Фельдман А.А., Олофинский Л.Н. Структурно-геофизические обстановки размещения кимберлитовых полей на древних платформах // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. № 7. 1991. С. 67—83.

Vaganov V.I., Varlamov V.A., Golubev Yu.K., Feldman A.A., Sychkin N.I., Demchenko B.M., Bich A.V.

#### CENTRAL REGIONS OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM AS A NEW POTENTIAL DIAMONDIFEROUS TERRITORY

*Specialized subject-matter studies performed in recent years by «Tsentrgeologia» state enterprise, TsNIGRI and VSEGEI have shown that central regions of the East European platform may be classed as ones showing high promise for finding diamond deposits. The first version of Map of Prognosis for Diamonds has been compiled for these regions, with 24 areas of kimberlite (lamproite) field rank marked out. A single diamond is reported to be found within the prognostic Ostashkovskoye kimberlite field.*

УДК 553.41/.48:551.242.51

© Коллектив авторов, 1996

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ ЧЕХЛОВ ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИХ ОТКРЫТИЯ НА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЕ

Д. И. ГОРЖЕВСКИЙ, Г. В. РУЧКИН, Р. Н. ВОЛОДИН, А. И. ДОНЕЦ (ЦНИГРИ Роскомнедра)

*Проанализированы особенности формирования и строения осадочных бассейнов (ОБ) чехлов древних платформ и основные геологические обстановки нахождения месторождений и рудопроявлений цветных и благородных металлов. Показаны геологические предпосылки открытия этих месторождений в ОБ Русской платформы и направления разработки моделей формирования концентраций цветных и благородных металлов.*

Осадочные бассейны (ОБ) чехлов платформ — депрессионные геологические структуры, выполненные седиментогенными породами, иногда с участием вулканогенных и вулканогенно-осадочных отложений, имеют важное значение в размещении широкого спектра месторождений полезных ископаемых, в том числе цветных и благородных металлов. Несмотря на имеющиеся предпосылки, металлогенический потенциал ОБ Русской

платформы применительно к оруденению цветных и благородных металлов до настоящего времени не реализован, что резко контрастирует с выявленной рудоносностью ОБ других древних платформ, в первую очередь Северо-Американской и Китайской. В значительной мере такое положение определилось проведением поисков рассматриваемых месторождений на ограниченных площадях, а также недостаточной разработанностью научно-методических основ прогно-



за и поисков месторождений в обстановках ОБ платформ.

**Особенности формирования и строения ОБ чехлов древних платформ.** По данным Е.Е.Милановского, Ю.Г.Старицкого, В.Е.Хаина и других авторов, в формировании ОБ чехлов древних платформ выделяются два периода — доплитный и плитный. В доплитный период (рифейско-ранневендское время) в условиях рифтогенного режима на консолидированном докембрийском фундаменте развиваются ОБ, подчиненные крупным грабенообразным депрессиям-авлакогенам с осадочным, вулканогенно-осадочным и вулканогенным заполнением большой мощности. Рифтогенный режим формирования ОБ на некоторых участках древних платформ вновь проявился в собственно плитный период (поздние авлакогены); некоторые из них полностью или частично наследуют структурный план рифейско-ранневендских авлакогенов.

Плитный период включает синхронные, по крайней мере для древних платформ северного полушария, этапы развития (поздневендский, раннепалеозойский, среднепозднепалеозойский и мезо-кайнозойский). Каждый из этапов характеризуется своим структурным планом, предопределившим границы, морфологию, внутреннее строение и другие особенности соответствующих ОБ. В развитии ОБ каждого этапа выделяются трансгрессивная, инундационная, регрессивная и эмерсивная стадии, фиксирующиеся по вертикальным и латеральным рядам геологических формаций [2].

В плитный период развития платформ ранние авлакогены поглощаются широкими прогибами — синеклизами, строение которых осложнено сводами, поднятиями, валами, локальными депрессиями, впадинами и другими структурными элементами, часть из которых имеет конседиментационный характер. Образование указанных структур сопровождалось блоковыми перемещениями, развитием в плитном чехле разрывной тектоники, проявлением эффузивного и интрузивного магматизма. На положительных конседиментационных структурах происходит сокращение мощности осадочного чехла до 200—300 м и резкое ее увеличение (до 10000—15000 м) в ряде отрицательных структур. В зонах усиленных восходящих

движений, в том числе на трансгрессивной и инундационной стадиях, происходило сильное обмеление вплоть до полного осушения морского бассейна с формированием кор выветривания и разрывом ранее отложившихся толщ. Во время развития ОБ происходило постоянное смещение в пространстве зон поднятия и интенсивных прогибаний.

Заканчивая краткую характеристику особенностей формирования и строения ОБ чехлов древних платформ, отметим, что Русская платформа по масштабам прогибания до 4—4,5 км в крупных синеклизах и до 10—15 км в зонах перикратонных опусканий и прогибах авлакогенного типа является типичной для платформ Лавразийской группы. Более того, по литологическому составу и объемам различных геологических формаций, слагающих чехлы платформ, она является не только «тектонотипом», но и «литотипом» платформ Лавразии [10]. Наибольшее сходство по распространенности определенных типов геологических формаций Русская платформа обнаруживает с Северо-Американской платформой. Таким образом, имеются геологические предпосылки для обоснования металлогенического потенциала Русской платформы на цветные и благородные металлы, которые базируются на ее аналогии с другими платформами, в первую очередь с Северо-Американской и Китайской, на территории которых выявлены и эксплуатируются месторождения этих металлов.

Между тем, имеются и отличия в геологической истории развития структур платформенных чехлов и в их формационном выполнении, которые могут обусловить некоторые, а иногда существенные, отличия в металлогении сравниваемых платформ. В частности, Северо-Американская платформа отличается от Русской своими размерами; ее плитная часть вдвое, а территория, занятая щитами, почти вчетверо больше соответствующих структур Русской платформы [10]. На Северо-Американской платформе в значительно меньших объемах, чем на Русской, развиты континентальные песчано-глинистые формации (10,8 и 21,3 % соответственно от общего объема чехла) и шире распространена группа морских песчано-глинистых формаций (48,6 против 31,6 %), а также вчетверо меньше —



эвапоритовые формации (0,9 и 3,8 % соответственно). Необходимо также иметь в виду, что в кайнозойский период, в отличие от других платформ северного полушария, значительная часть Русской платформы испытывала погружение, и потенциально рудоносные формации палеозоя и мезозоя перекрывались относительно мощными осадками палеогена, неогена и четвертичного периода, тогда как на Северо-Американской и Китайской платформах большинство выявленных месторождений цветных и благородных металлов, локализованных в палеозойских и мезозойских толщах чехла, обнажаются на дневной поверхности.

Типы месторождений цветных и благородных металлов ОБ древних платформ и закономерности их размещения. Месторождения цветных и благородных металлов ОБ платформ представлены следующими традиционными для платформ рудноформационными типами:

- свинцово-цинковым колчеданным в черносланцевых толщах;

- свинцово-цинковым стратиформным в карбонатных толщах;

- цинково-свинцовым стратиформным в терригенных толщах;

- свинцово-цинковым соляных куполов;

- серебро-свинцово-цинковым жильным в черносланцевых толщах;

- медистых песчаников и сланцев;

- самородной меди в эффузивных и эффузивно-осадочных толщах;

- цинк-молибден-никель-платиноидным в углеродсодержащих толщах;

- золото-углеродистым.

Основные закономерности размещения месторождений определяются комплексом стратиграфо-формационных, палеотектонических и структурных факторов, которыми в различных сочетаниях обусловлены обстановки нахождения месторождений рассматриваемых типов. Факторы, определяющие пространственное положение в ОБ рудных районов и полей со стратиформными месторождениями, сводятся к контролю оруденения как конседиментационными, так и более поздними наложенными структурами (поднятиями, депрессиями, зонами глубинных долгоживущих разломов), а также формационно-фациальными неоднородностями рудовмещающих осадочных толщ. Что каса-

ется оруденения жильного типа, то среди перечисленных выше факторов применительно к рудным районам и полям наиболее важным является структурно-тектонический [12]. Конседиментационные депрессии в сочетании с разрывными нарушениями и дайковыми телами определяют положение рудных районов и полей месторождений золото-углеродистой рудной формации [12]. Большинство промышленных рудных тел (около 85 %) серебро-свинцовых месторождений типа Кер-д'Ален приурочено к двум пачкам углеродистых кварцитов и аргиллитов, которые обогащены железистыми карбонатами (анкеритом и сидеритом) и обеднены оксидами железа и калиевым полевым шпатом по сравнению с аналогичными породами за пределами рудных полей [15]. Для рудных районов со стратиформным свинцово-цинковым оруденением в карбонатных толщах характерна приуроченность к краевым частям («аконсервационным» зонам) нефтегазоносных бассейнов, сопряженных с длительно развивавшимися глубинными разломами, по которым происходило движение рудоносных газонефтяных флюидов [3, 4, 8]. При этом сопряженные с разломами конседиментационные поднятия являются зонами разгрузки обогащенных металлами нефтяных вод. Важным признаком «аконсервационных» зон, перспективных на стратиформное свинцово-цинковое оруденение в карбонатных толщах, является их пространственная сопряженность с ОБ, выполненными эвапоритовыми формациями с развитием солей, гипсов и ангидритов, которые служили источником рассолов, мобилизующих металлы и транспортирующих их к месту отложения. В «аконсервационных» зонах локализуются также многочисленные проявления продуктов битум-карбонатно-сульфидной формации, представленные флюорит-карбонатными, битум-карбонатными, битум-карбонатно-полиметаллическими и целестин-карбонат-серными прожилками и жилами с пиритом, молибденитом, золотом, киноварью и рядом других минералов, и не имеющие пока оценки их промышленной значимости.

Исходя из гидрогеологической модели рудогенеза в ОБ древних платформ, Г.А.Голева [3] к основным геологическим факторам, необходимым для формирования суль-



фидных месторождений, относит: наличие эвапоритовых отложений в разрезе ОБ; формирование нефтяных флюидов; неоднократную активизацию тектонических процессов; благоприятный минералого-геохимический состав и значительную мощность рудовмещающих пород; наличие зон гидрослюдизации и серицитизации, а также других признаков дегидратации пород; достаточно высокую интенсивность глубинных тепловых потоков.

Наиболее значительные месторождения и рудопроявления стратиформных цинково-свинцовых руд в терригенных толщах размещаются на пассивных континентальных окраинах и контролируются зонами надвигов вдоль контакта фундамента и чехла платформы, а также согласными со складчатостью и поперечными долгоживущими разломами (месторождения Лайсвалль, Вассбо, рудопроявления Подольско-Приднестровской зоны). Геологическая позиция свинцово-цинковых колчеданных месторождений в черносланцевых толщах определяется прежде всего их приуроченностью к ОБ авлакогенов. Рудовмещающие углеродисто-доломит-глинистые формации накапливаются в глубоководных депрессиях в пределах окраинно- и внутриконтинентальных морских бассейнов. Рудовмещающими палеоструктурами служат серии сопряженных локальных впадин, контролируемых и ограниченных конседиментационными разломами. Цинк-молибден-никель-платиноидное оруденение в черносланцевых толщах размещается в прогибах платформ на плечах рифтогенных трогов [6]. Рудовмещающие углеродисто-глинисто-карбонатные формации накапливались в локальных глубоководных впадинах окраинного моря. Свинцово-цинковое оруденение соляных куполов приурочено к глубоким впадинам и авлакогенам, где происходило накопление рудовмещающих терригенно-угленосных и карбонатно-терригенных формаций с широким развитием эвапоритов в подстилающих толщах. Рудоконтролирующими структурами служат соляные диапиры, контролируемые глубинными разломами.

Основными геотектоническими обстановками нахождения оруденения типа медистых песчаников и сланцев, связанного пространственно и генетически с бассейнами

красноцветного осадконакопления, являются крупные депрессионные структуры (авлакогены, рифты, грабены), сформировавшиеся как на авлакогенной стадии, так и при активизации плитной стадии платформенного режима, краевые части платформ на сочленении с выступами пород фундамента или сопряженные с краевыми прогибами. Размещение рудных районов и полей с медистыми песчаниками и сланцами контролируется локальными палеобассейнами переходной зоны от суши к морю с заливно-лагунной, дельтовой и аллювиально-озерной фаціальными обстановками осадконакопления, а в современном структурном плане — мульдами и синклиналями или сериями сближенных палеорусел древней речной сети на склонах палеоподнятий, а также валов и сводов.

Что касается магматических факторов, возможно, влияющих на размещение месторождений цветных и благородных металлов в ОБ древних платформ, то к ним следует отнести проявления субщелочных магматических пород (трахиандезитов, камптонитов, спессартитов и монцонитов), иногда сопровождающих свинцово-цинковое, серебро-свинцово-цинковое и золотое оруденение в рифтогенных ОБ. В частности, подобные магматические породы в виде субвулканических тел, даек и штоков установлены на золоторудном Кирчикском рудопроявлении (Днепровско-Донецкий авлакоген), в рудном поле Кер-д'Ален (авлакоген Белт), на месторождении Сардана в Якутии [11, 12]. Терригенно-карбонатные толщи с основными туфами и базальтоидами субщелочного профиля установлены в латеральном ряду с черносланцевыми отложениями, вмещающими цинк-молибден-никель-платиноидное оруденение базальных горизонтов чехла Китайской платформы [6].

В эффузивных и эффузионно-осадочных формациях, являющихся составными частями платформенных чехлов в областях тектонической активизации, обычно сопровождающейся образованием разломов глубокого заложения, локализуются месторождения самородной меди с цеолитами (месторождения Верхнего озера на Северо-Американской платформе).

Наличие в верхних горизонтах чехла Русской платформы палеороссыпей золота и



россыпей ледникового, водно-ледникового и аллювиального генезиса, в том числе и в центральной части Московской синеклизы, указывает на возможность обнаружения месторождений благородных металлов, принципиально не типичных для ОБ древних платформ. Региональные рудноформационные генотипы таких коренных источников металла в настоящее время неизвестны, а сведения о коренной золотоносности чехлов платформ за пределами «древних» и «молодых» авлакогенов скудны. Типизация обстановок нахождения этой группы концентраций благородных металлов выполнена по их приуроченности к определенным формационно-фациальным комплексам вмещающих пород или видам других полезных ископаемых, формировавшихся на тех или иных этапах и стадиях развития ОБ.

В пределах Русской платформы скопления благородных металлов нетрадиционных для чехлов древних платформ типов установлены в обстановках, связанных с формациями:

- пестро-красноцветными карбонатно-терригенными и терригенными перми, триаса и мела (Волго-Уральская и Воронежская антеклизы, Предуральский прогиб);

- галогеинными в силвинитовых горизонтах (Верхнекамский соленосный бассейн);

- галогеинно-сульфатно-карбонатными в целестиновых органогеинных известняках девонского и карбонового возрастов (южная периферия Московской синеклизы);

- желваковых фосфоритов и глауконитовых песков мезозоя (Подмосковный и Вятско-Камский фосфоритовые бассейны);

- угленосными терригенными раннекарбонового возраста (Подмосковный бурогольный бассейн);

- континентальной сероцветной терригенной среднеюрского возраста (в аллювиальных фациях) совместно с серебром, ураном и редкими землями (Волго-Уральское поднятие).

По-видимому, концентрации благородных металлов во всех перечисленных типах обстановок отражают комплексный характер соответствующих рудноформационных типов различных видов полезных ископаемых. При определении факторов контроля для них необходимо, в первую очередь, учитывать закономерности локализации основного вида полезных ископаемых.

Типизация геологических обстановок нахождения цветных и благородных металлов в ОБ чехлов древних платформ позволяет определить факторы скопления рудного вещества и геологические предпосылки обнаружения этих месторождений в чехле Русской платформы.

Геологические предпосылки открытия месторождений цветных и благородных металлов на Русской платформе. Перспективы обнаружения месторождений цветных и благородных металлов в рифтогенных ОБ доплитного этапа представляются ограниченными, в первую очередь, в связи с современным положением этих структур на глубинах более 1 км. Следует, однако, отметить, что в некоторых рифтогенных ОБ доплитного этапа глубоким бурением установлены отложения углеродисто-доломитово-глинистой формации, геохимическая специализация которых характеризуется повышенными содержаниями свинца, цинка, меди, серебра, кадмия и др. К углеродисто-глинисто-доломитовым толщам, обогащенным вкрапленным пиритом, приурочены проявления прожилково-вкрапленной свинцово-цинковой минерализации; в ряде случаев в ассоциации с сульфидами свинца и меди наблюдались самородное золото, шлиховые ореолы свинца, цинка, бария и других элементов. Проявления меди стратиформного типа в пестроцветных терригенных формациях рифея известны в пределах Башкирского выступа Урала и в Волюно-Подоллии. Рудопроявления свинца и цинка в ОБ доплитного этапа установлены на Башкирском выступе Урала и в Мезенском перикратонном прогибе. Рудная минерализация локализуется в терригенно-карбонатных толщах.

Перечисленные данные могут рассматриваться в качестве предпосылок на обнаружение свинцово-цинковых колчеданных, свинцово-цинковых стратиформных в карбонатных толщах, золоторудных (золото-углеродистой формации) месторождений, а также месторождений типа медистых песчаников и сланцев.

Позднедевонский ОБ на всех этапах развития характеризуется широким распространением преимущественно терригенных морских отложений. В отдельных относительно глубоководных депрессиях ОБ пре-



обладают морские углеродисто-глинистые осадки, иногда содержащие горизонты вулканокластического материала, повышенные концентрации марганца, ванадия, молибдена, а также конкреции пирита, сидерита и фосфатов с галенимом и сфалеритом. Подобные застойные впадины, особенно в краевых частях ОБ и на участках сопряжения с рифейскими рифтовыми структурами, могут оказаться перспективными на обнаружение комплексного платинометалльного оруденения южно-китайского типа.

Комплекс факторов рудоносности (формационных, литолого-фациальных и минералого-геохимических) позволяет предполагать возможность обнаружения месторождений типа медистых песчаников и сланцев в прибрежно-морских терригенных фациях трансгрессивной стадии развития в частях ОБ на склонах щитов. Рассматриваемый стратиграфический уровень является весьма перспективным на свинец и цинк на северо-западном склоне Балтийского щита, где в кварцевых песчаниках выявлены крупные месторождения (Лайсваль, Доротея, Вассбо) и многочисленные рудопроявления этих металлов. Рудопроявления аналогичного типа известны в позднедевонских терригенных отложениях Приднестровья, Подолии и Прибалтики, что позволяет сделать вывод о перспективности ОБ Русской платформы рассматриваемого стратиграфического уровня на цинково-свинцовое стратиформное оруденение в терригенных толщах.

Раннепалеозойский ОБ характеризуется развитием в его пределах отложений преимущественно терригенных и карбонатно-терригенных формаций. Перспективы обнаружения месторождений цветных и благородных металлов, несмотря на наличие отдельных благоприятных факторов, оцениваются, в целом, как ограниченные. Мелкие месторождения и рудопроявления свинца и цинка, а также медистых песчаников и сланцев установлены в карбонатно-терригенных и терригенных формациях ордовика и силура, протягивающихся с платформы на ее пассивную континентальную окраину в районах Пай-Хоя, Полярного и Приполярного Урала (рис. 1).

Средне-палеозойский ОБ Русской платформы характеризуется максимальными за всю историю ее существования погружением

фундамента (особенно в авлакогенах) и наиболее сложным строением с образованием многочисленных конседиментационных впадин (Бузулукская, Камско-Кинельская и др.), а также сводов и выступов (Татарский, Коми-Пермяцкий и др.) с барьерными рифами, протягивающимися на сотни километров при ширине в первые десятки километров. Формирование ОБ происходило на фоне процессов тектоно-магматической активизации, сопровождавшейся становлением и развитием средне-позднедевонских авлакогенов (Припятско-Днепровско-Донецкий, Кировско-Казанский, Печоро-Колвинский), проявлением траппового вулканизма и внедрением щелочных базит-гипербазитовых интрузий с карбонатитами и кимберлитами. Все это предопределяло возникновение разнообразных обстановок, теоретически благоприятных для образования концентраций руд цветных и благородных металлов типичных для формационных типов чехлов древних платформ. Они представлены многочисленными мелкими месторождениями и рудопроявлениями следующих рудноформационных типов: медистых песчаников и сланцев (Западное Приуралье, Тиман, Донбасс и др.), свинцово-цинковым стратиформным в карбонатных толщах (Марковская зона на южном склоне Воронежского массива и др.), свинцово-цинковым соляных куполов (Днепровско-Донецкая впадина, Прикаспий и др.), серебро-свинцово-цинковым жильным в черносланцевых толщах и золото-углеродистым (Нагольный кряж, восточная часть Донбасса), а также ртутным в Донбассе (рис. 2). Имеются данные, что источником металлов, концентрирующихся в каменноугольных и пермских отложениях, Донецкого бассейна и его обрамления, служили подстилающие девонские и каменноугольные породы [4, 5]. В пользу этого предположения свидетельствует абсолютный возраст руд рассматриваемых месторождений, который соответствует триасу-юре (Марковская зона, жильные свинцово-цинковые месторождения Донбасса). Кроме того, размещение медистых песчаников и сланцев, ртутных, а также свинцово-цинковых (иногда с золотом) месторождений обнаруживает зависимость от интенсивности проявления катагенеза вмещающих пород [8]. Исследованиями



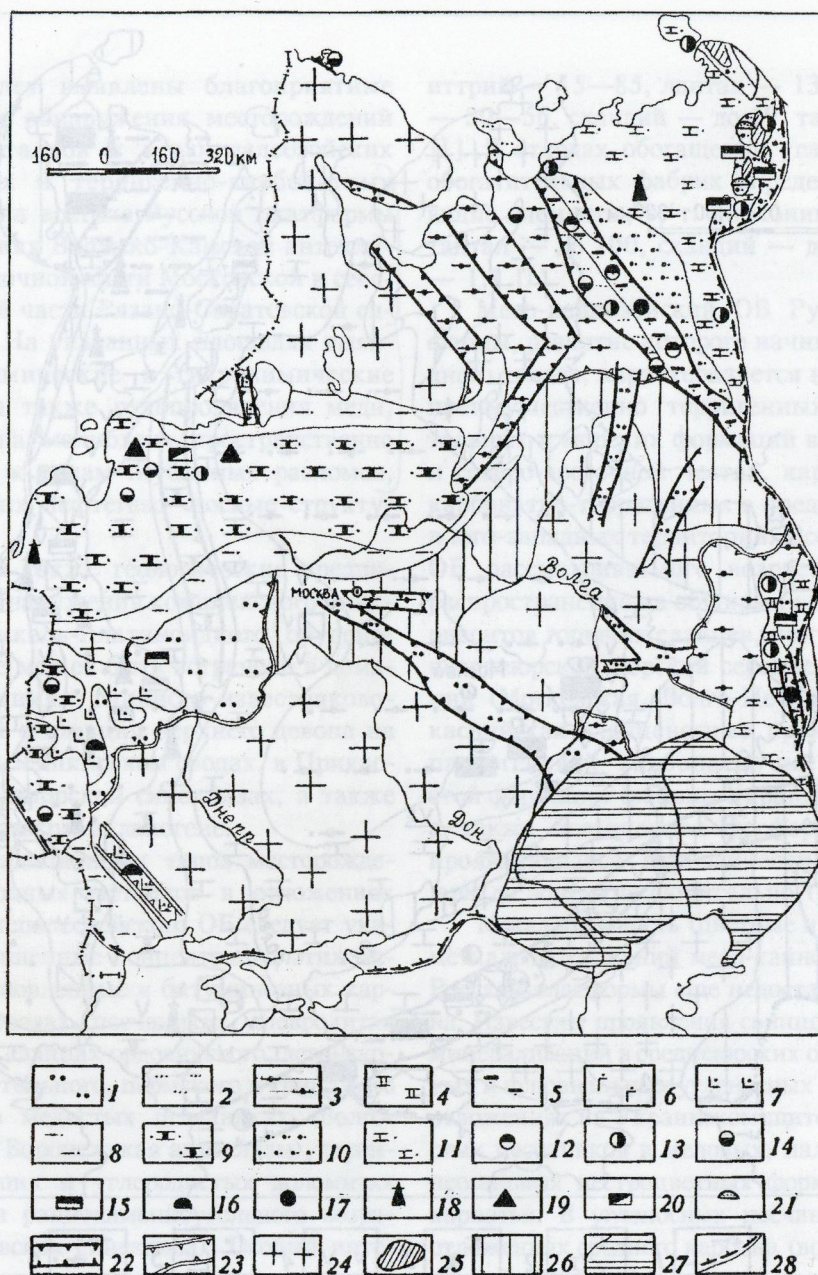


Рис. 1. Размещение и рудоносность геологических формаций в рифейско-ранневендском и раннепалеозойском ОБ Русской платформы:

геологические формации рифейско-ранневендские: 1 — терригенная (песчано-конгломератовая) красноватая, 2 — карбонатно-терригенная и терригенная (песчано-глинистая) сероватая, 3 — карбонатно-терригенная пестроцветная, 4 — глинисто-карбонатная, 5 — карбонатно-терригенная углеродистая, 6 — вулканогенно-карбонатно-терригенная углеродистая, 7 — вулканогенно-терригенная (трапповая); геологические формации раннепалеозойские (трансгрессивная и инундационная стадии): 8 — песчано-алевролитово-глинистая,  $O_1$  и глинисто-карбонатная углеродистая,  $O_2-S_2$ ; 10 — терригенная конгломерато-песчаная пестроцветная,  $O_1$ , 11 — карбонатно-терригенная углеродсодержащая,  $O_2-S$ ; рудноформационные типы проявлений цветных и благородных металлов: 12 — свинцово-цинковый колчеданный в черносланцевых толщах, 13 — свинцово-цинковый стратиформный в карбонатных толщах, 14 — свинцово-цинковый стратиформный в терригенных толщах, 15 — медистых песчаников и сланцев, 16 — самородной меди в эффузивных и эффузивно-осадочных толщах, 17 — золото-углеродистый; прочие полезные ископаемые: 18 — нефть и газ, 19 — фосфориты, 20 — кукурситы, 21 — палеороссыши золота; 22 — границы рифейских аялаконов и грабен; 23 — границы рифейско-ранневендских перикратонных прогибов и впадин; выходы на поверхность пород фундамента: 24 — дорифейского, 25 — рифейско-вендского; 26 — области распространения более древних, чем отложения ОБ пород чехла; 27 — впадины с океаническим ложем; 28 — граница Русской платформы



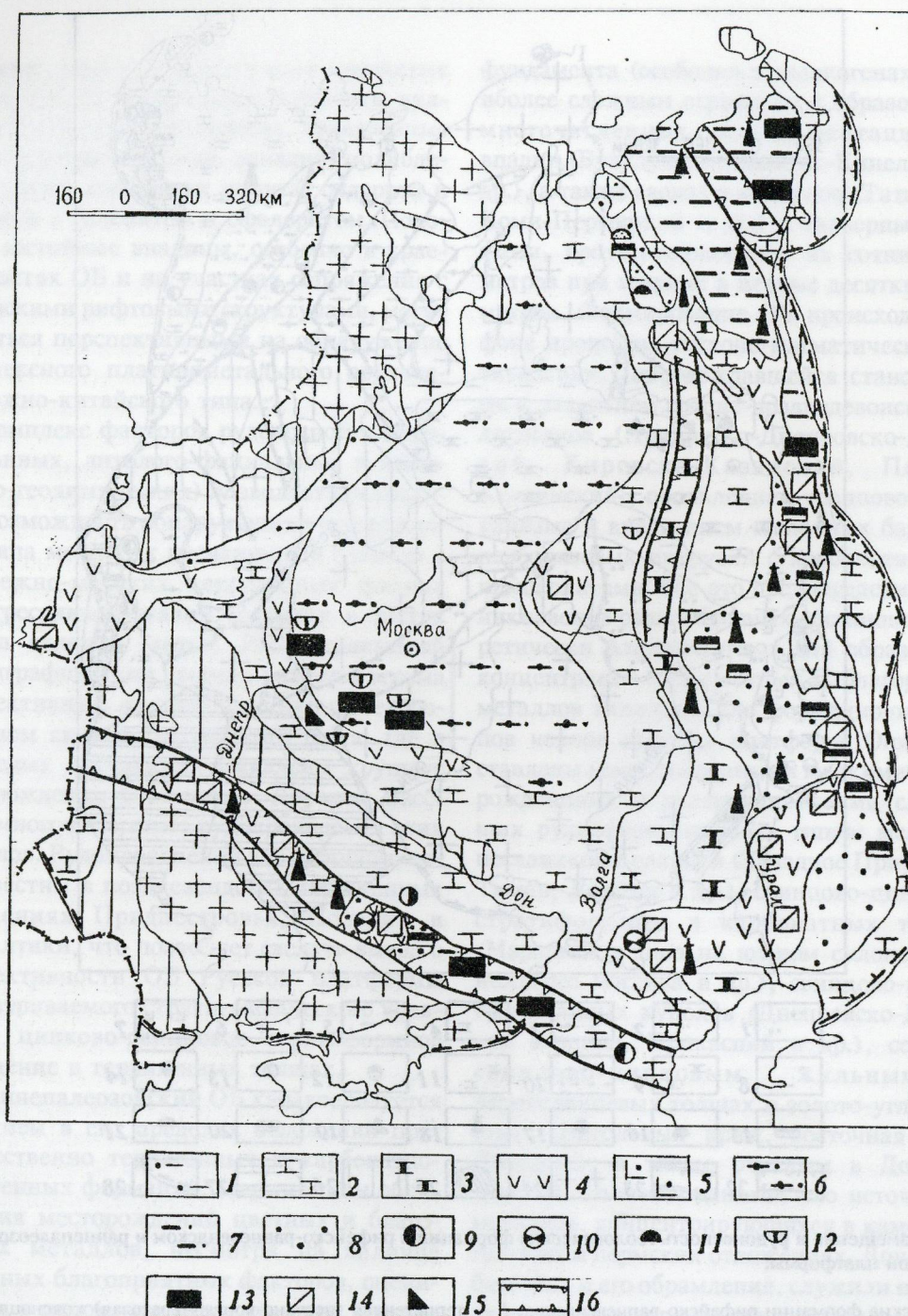


Рис. 2. Размещение и рудоносность геологических формаций в ОБ Русской платформы на среднедевонско-пермское время:

геологические формации: 1 — терригенная (песчано-глинистая) континентально-морская,  $D_2-3$ , 2 — терригенно-карбонатная,  $D_3-P_1$ , 3 — терригенно-карбонатная углеродистая — доманиковая,  $D_3$ , 4 — сульфатно-галогенно-терригенно-карбонатная,  $D_2-P_1$ , 5 — вулканогенно-терригенная трапповая,  $D_2-3$ , 6 — песчано-глинистая боксит-угленосная,  $S_1$ , 7 — карбонатно-терригенная параличская угленосная,  $S_1-P_2$ , 8 — терригенная пестроцветная,  $P$ ; рудноформационные типы проявлений цветных и благородных металлов: 9 — серебро-свинцово-цинковый в черносланцевых толщах, 10 — свинцово-цинковый соляных куполов, 11 — самородной меди в эффузивных и эффузивно-осадочных толщах, 12 — проявления золота нетрадиционного типа в терригенных угленосных и пестроцветных формациях, сильвинитовых горизонтах и целестиновых органогенных известняках; прочие полезные ископаемые: 13 — уголь, 14 — соли, 15 — целестин; 16 — границы палеозойских авлакогенов и грабенов; прочие усл. обозн. см. рис. 1



последних лет выявлены благоприятные предпосылки обнаружения месторождений цветных металлов в верхнепалеозойских карбонатных и терригенно-карбонатных формациях на востоке Русской платформы на территориях Волжско-Камской антеклизы, юго-восточной части Московской и северо-восточной части Рязано-Саратовской синеклиз [6]. На указанных площадях выявлены геохимические и гидрохимические аномалии, а также рудопоявления меди, свинца, цинка, молибдена, пространственно тяготеющие к зонам глубинных разломов, пересекающих нефтегазоносные структуры.

Имеются также геологические предпосылки для обнаружения комплексного цинк-молибден-никель-платиноидного оруденения, которое может быть встречено в доломитовых фациях глинисто-известняково-доломитовой формации верхнего девона на Татарском и Башкирском сводах, в Прикаспийской и Печорской синеклизах, а также Кировско-Вятском авлакогене.

Из нетрадиционных типов месторождений благородных металлов в отложениях средне-позднепалеозойского ОБ следует указать на повышенные концентрации этих металлов, установленные в битуминозных карбонатных породах, песчаниках, алевролитах и глинистых сланцах ордовикского, девонского, каменноугольного, пермского и триасового возрастов, в медистых песчаниках (Волго-Уральская и Воронежская антеклизы), стронцийсодержащих и углеродистых доломитах девонского и раннекаменноугольного возрастов (Московская синеклиза). Особый интерес, в том числе и в практическом отношении, вызывает золотоносность углей Подмосковного бурогоугольного бассейна. По данным П.Р.Петрова с соавторами (устное сообщение), повышенные концентрации золота установлены на большинстве угольных шахт и разрезов бассейна. Содержание золота возрастает почти на порядок в золах ТЭЦ и ГРЭС, работающих на этих углях, и достигает 0,1—0,5 г/т. Наиболее высокие содержания металла (до 0,5—5 г/т — пробирный анализ) установлены в пирит-марказитовых конкрециях и продуктах гравитационного обогащения углей. Имеются сведения, что в товарном угле Подмосковного бассейна содержатся, г/т: галлий — 21—40, цинк — 20—213,

иттрий — 15—85, лантан — 13—50, церий — 30—56, скандий — до 19, тантал — 100 [1]. В отходах обогащения угля в отвалах обогатительных фабрик определены следующие элементы, г/т: цирконий — до 610, тантал — до 100, скандий — до 20, золото — 1,1 [1].

Мезо-кайнозойский ОБ Русской платформы, развитие которого начинается с позднего триаса, характеризуется накоплением преимущественно терригенных континентальных и морских формаций в ее северной и северо-восточной частях, карбонатных и карбонатно-терригенных в пределах южных и юго-западных территорий. Особенности ОБ рассматриваемого возраста являются распространение на обширных площадях горизонтов горючих сланцев, приуроченных к позднеюрской морской сероцветной формации (Московская, Волго-Печорская и Прикаспийская сланценозные провинции) и к палеогеновой карбонатно-песчано-глинистой формации (районы Украинского щита), а также повышенная фосфоритовосность, проявляющаяся периодически от средней юры до эоцена включительно (рис. 3).

Металлоносность (цветные и благородные металлы) отложений мезо-кайнозойского ОБ Русской платформы еще недостаточно изучена. Известны проявления свинцово-цинковой минерализации в среднеюрских озерно-болотных и флювиальных угленосных терригенных отложениях на Украинском щите [13], медистых песчаников в меловых, палеогеновых и неогеновых пестроцветных формациях Прикарпатья. В угленосных песчано-сланцевых отложениях среднего карбона (восточный сегмент Донбасса), прорванных силами среднеюрских трахиандезитов и дайками раннемеловых лампрофиров, развито оруденение золото-углеродистой формации (рудопоявления Острогорское, Бобриковское и Керчикское).

Аномальные содержания цветных и благородных металлов и сопровождающих их элементов в формациях мезо-кайнозойского ОБ Русской платформы рассматриваются, в первую очередь, как важный минералогический индикатор потенциального оруденения ОБ предшествующих этапов. Повышенные концентрации свинца и цинка (до 0,1—2 %) в мезозойско-кайнозойских отложениях приурочены к склонам положи-







тельных структур и активизированным зонам, сопряженным с конседиментационными ловушками - впадинами, зараженными сероводородом и обогащенными углеродистым веществом. В качестве примера можно упомянуть углистые глины Подмосковья с конкрециями пирита, содержащими галенит и сфалерит, а также повышенные концентрации мышьяка, кадмия, меди, сурьмы, никеля и других элементов [13]. Высокие концентрации золота и серебра в ассоциации с ураном, медью, скандием и редкоземельными элементами выявлены в обогащенных органическим веществом среднеюрских алевролитов-глинистых отложениях, выполняющих палеодолины на Волго-Уральском поднятии. Вероятно, к числу подобных индикаторов могут быть также отнесены повышенные содержания золота в желваковых фосфоритах и глауконитовых песках Вятско-Камского и Московского фосфоритоносных бассейнов [14]. Наряду с кластогенным золотом в осадках, следует иметь в виду возможность поступления золота в фосфоритоносные бассейны по глубинным разломам, которые, как показано на примере Подмосковья, контролировали морфологию бассейнов и условия формирования фосфоритоносных фаций [14].

Приведенные данные по рудоносности ОБ Русской платформы могут быть использованы для разработки моделей формирования концентраций цветных и благородных металлов в осадочных толщах по всем этапам развития ОБ, включая седиментационное накопление рудного вещества и его переотложение при постседиментационных преобразованиях вмещающих пород, в том числе с образованием промежуточных коллекторов-концентраторов различных типов. Это позволит усовершенствовать систему факторов рудоносности ОБ, провести районирование территории Русской платформы на основе обстановок нахождения и формирования оруденения и разработать конкретные рекомендации по проведению поисковых работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваулин Л.Л., Сычев А.И. Перспективы использования углей Подмосковского буровугольного бассейна // Разведка и охрана недр. 1993. № 9. С. 15—17.
2. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 1. Русская платформа / Под ред. В.Д.Навликина и К.Э.Якобсона. — Л.: Недра, 1985.
3. Голева Г.А. Гидрогеологическое моделирование рудообразования в осадочных бассейнах // Отечественная геология. 1993. № 7. С. 58—69.
4. Горжевский Д.И., Донец А.И. Происхождение парагенезиса цветных металлов и нафтидов в осадочных бассейнах карбонатного типа // Литология и полезные ископаемые. 1994. № 1. С. 101—109.
5. Казанский М.Г. К проблеме поисков телетермальных рудных месторождений на востоке Русской платформы // Генезис редкометалльных и свинцово-цинковых стратиформных месторождений. — М.: Наука, 1986. С. 214—215.
6. Конкин В.Д., Курбанов Н.К., Ручкин Г.В. Палеоструктурные и палеофациальные обстановки нахождения черносланцевых толщ с колчеданно-полиметаллическим, золотым и платинометалльным оруденением // Мат-лы научно-практич. конф. НТД-92-ЦНИГРИ. — М.: ЦНИГРИ, 1993. С. 19—26.
7. Курило М.В. Рудно-углеводородная зональность и стадийные изменения вмещающих пород Донбасса // Литология и полезные ископаемые. 1994. № 5. С. 23—35.
8. Лурье А.М. Связь скоплений металлов в морских отложениях с подземным палеостоком // Генезис редкометалльных и свинцово-цинковых стратиформных месторождений. — М.: Наука, 1986. С. 79—87.
9. Мигачев И.Ф., Кальниченко С.С., Романчук А.И. Перспективы золотоносности Восточно-Европейской платформы // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 42—52.
10. Ронов А.Б., Мигдисов А.А. Сравнительный анализ количественных параметров строения и распространенности групп формаций на Восточно-Европейской и других древних платформах мира // Литология и полезные ископаемые. 1993. № 4. С. 3—22.
11. Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в отложениях венда Юго-Восточной Якутии / Отв. редакторы: академики В.А.Кузнецов, А.Л.Яншин. — Новосибирск: Наука, 1979.
12. Фогельман Н.А., Константинов М.М., Курбанов Н.К. Принципы систематики золоторудных месторождений для целей прогноза и поисков // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 31—41.
13. Шевченко О.Е., Гойжевский А.А. Свинцово-цинковое оруденение в континентальных гумидных формациях склонов Украинского щита // Генезис редкометалльных и свинцово-цинковых стратиформных месторождений. — М.: Наука, 1986. С. 231—241.
14. Ясырев А.П. Желваковые фосфориты Русской платформы — промежуточный коллектор при россыпеобразовании // ДАН СССР. 1971. Т. 2. С. 452—455.
15. Cool E.G. Vein formation, fluid flow and wall rock geochemistry at the Lucky Friday Mine, Coeur d'Alen mining district. Abstracts 28<sup>th</sup> International Geological Congress. Washington, 1989.



Gorzhevsky D.I., Ruchkin G.V., Volodin R.N., Donetsk A.I.

BASE AND PRECIOUS METAL DEPOSITS IN SEDIMENTARY BASINS OF ANCIENT PLATFORM COVERS AND GEOLOGICAL PREREQUISITS FOR FINDING THEM WITHIN THE RUSSIAN PLATFORM

*We analyze the peculiarities of formation and structure of sedimentary basis (SB) in covers of ancient platforms and standard geological settings of base and precious metal deposits and ore manifestations. Shown are geological prerequisites of finding such deposits in SBs of the Russian platform. Main leads of development of models describing the formation of base and precious metal concentrations in sedimentary strata throughout the whole SB history are discussed.*

УДК 553.494'86.068.3

© Л. З. Быховский, Л. Б. Зубков, Н. Г. Патык-Кара, 1996

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ ТИТАНО-ЦИРКОНИЕВЫХ РОССЫПЕЙ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Л. З. БЫХОВСКИЙ (ВИМС Роскомнедра), Л. Б. ЗУБКОВ (Гиредмет),  
Н. Г. ПАТЫК-КАРА (ИГЕМ РАН)

*Показано, что задача создания отечественной промышленности производства ильменитовых, рутиловых и цирконовых концентратов может быть оптимально решена при промышленном освоении древних прибрежно-морских комплексных россыпей, широко распространенных в пределах Русской платформы. С учетом совместного присутствия в месторождениях этого типа целого ряда полезных компонентов целесообразна разработка единой стратегии развития и комплексного освоения минерально-сырьевой базы титана, циркония, золота, фосфора и нерудного сырья в терригенных формациях осадочного чехла Русской платформы.*

Проблема обеспеченности надежной сырьевой базой титановой и циркониевой промышленности России является сегодня одной из актуальнейших сырьевых проблем страны [1, 2]. Она, правда, существовала и до распада СССР, т.к. на протяжении многих лет титановые и цирконовые концентраты импортировались в значительных количествах. Это было связано с тем, что единственные производители ильменитовых, рутиловых и цирконовых концентратов в бывшем СССР — два украинских предприятия: Иршинский ГОК и Верхнеднепровский горно-металлургический комбинат — не обеспечивали полностью потребности различных отраслей промышленности в этом сырье. Первый из них эксплуатировал

элювиально-аллювиальные россыпи ильменита Иршинской группы, второй — Малышевское комплексное месторождение, представляющее собой древнюю погребенную прибрежно-морскую россыпь ильменита, рутила и циркона. В настоящее время поставки концентратов с Украины в Россию сокращаются: отработаны наиболее богатые участки месторождений, снижены масштабы производства, часть концентратов экспортируется в страны дальнего зарубежья. К 2000 г. возможно почти полное прекращение поставок концентратов в Россию.

В то же время титан и цирконий принадлежат к тем элементам, которые определяют уровень экономического развития и благосостояния государства, его обороноспо-



способность. Потребности России в этих видах сырья весьма значительны. Титановые и цирконовые концентраты на протяжении последних трех десятилетий характеризуются равномерным ростом производства, потребления и устойчивым спросом. В мире сейчас производится около 4 млн т титановых концентратов и около 0,9 млн т циркониевых концентратов (в пересчете на 100 % оксидов титана и циркония).

За рубежом около 90 % титанового сырья поглощает производство титановых пигментов и не более 10 % — производство титановой губки. В СССР до 70 % концентратов перерабатывалось на титановую губку. Производство титановой продукции в Союзе характеризовалось высокой степенью кооперации между союзными республиками: добыча концентратов велась на Украине, производство титановой губки — в России (40 %), Казахстане (40 %), Украине (20 %), а производство из губки металла, слитков и др. изделий осуществлялось в основном в России на Верхне-Салдинском производственном металлургическом объединении, Белокалитвенском, Ступинском и др. предприятиях. По производственным мощностям получения титановой губки мы значительно опережали все остальные страны мира, суммарные мощности которых по ее выпуску оцениваются в 65 тыс. т.

Титановые пигменты производились на двух украинских заводах — Крымском и Сумском, а потребителями пигмента являлись в основном (более 60 %) различные предприятия России.

Таким образом, в России имеются значительные мощности по производству и переработке титановой губки, которые нуждаются в сырье. Собственную промышленность титановых пигментов, для которой также необходимо значительное количество ильменитовых концентратов, России предстоит создавать. Пока же страна вынуждена закупать титановые пигменты на десятки миллионов долларов в год за рубежом.

Основными областями применения циркониевых концентратов является производство керамических изделий, огнеупоров, абразивов, формовочных смесей. На эти цели используется до 85—90 % производимых в мире концентратов и лишь 10—15 % (в СССР до 25 %) поступает на дальнейшую

переработку для получения металлического циркония и его соединений, применяемых в атомной энергетике, производстве спец- и суперсплавов и др. отраслях.

Общие потребности России в титановых концентратах после 2000 г. по оптимистическим прогнозам оцениваются приблизительно в 400—500 тыс. т и не менее 100 тыс. т цирконовых концентратов.

Современное состояние минерально-сырьевой базы титана России, несмотря на огромные запасы, числящиеся на государственном балансе, нельзя признать удовлетворительным. Балансом учтены запасы 19 месторождений, из них 12 с балансовыми и 7 с забалансовыми запасами. Но сегодня лишь три из них можно считать, и то условно, активными — Туганское, Тарское и Центральное, что составляет менее 5 % учтенных запасов.

Особо должны оцениваться стоящие на балансе значительные запасы титана Ярегского месторождения, представленные лейкоксеновыми нефтенасыщенными песчаниками. Они составляют около половины российских балансовых запасов титана, однако к разряду активных запасов их отнести нельзя. Получаемые из ярегских песчаников лейкоксеновые концентраты состоят из оксидов титана и кремния в процентном соотношении примерно 50:50 и не имеют пока эффективной промышленной технологии переработки. Тем не менее, на базе месторождения планируется организация небольшого опытно-промышленного производства для получения около 20 тыс. т в год титанового пигмента.

Состояние минерально-сырьевой базы циркония следует считать также неудовлетворительной. Балансом по состоянию на 01.01.95 г. учтено 10 месторождений, из них 4 забалансовые. Активные запасы связаны с тремя перечисленными комплексными россыпями и с бадделеит-апатит-магнетитовыми рудами Ковдорского месторождения. В последнем бадделеит в ограниченных количествах добывается попутно. Все остальные балансовые месторождения как титана, так и циркония в современных условиях рентабельно не могут быть отработаны.

В то же время прогнозные ресурсы обоих металлов весьма значительны, перспективы выявления новых месторождений, более эффективных для освоения, чем числящиеся на



балансе, достаточно велики [3, 4]. Среди промышленных и потенциально-промышленных типов месторождений титана и циркония наиболее привлекательными для освоения остаются прибрежно-морские титано-циркониевые россыпи, из которых на протяжении многих десятилетий добывалась основная масса титана и циркония. И сегодня из месторождений этого типа в мире добывается около 70 % ильменита, более 95 % циркона и 100 % рутила. Основные преимущества этого типа месторождений следующие:

достаточно большое распространение во многих регионах России (рис. 1) и их приуроченность к прибрежно-морским и мелководным отложениям широкого возрастного диапазона [3, 4, 5];

наличие в значительных концентрациях сразу трех главных промышленных минералов — ильменита, рутила и циркона;

повышенное содержание  $\text{TiO}_2$  (55—64 %) в ильменитовых концентратах, при низких концентрациях шлакообразующих примесей, что делает их наиболее пригодными для получения титанового шлака и титановой губки, а концентраты отдельных месторождений после шлакового передела пригодны для переработки хлорированием на пигмент;

нерудная составляющая продуктивных отложений (хвосты обогащения — кварц, каолин, глина, полевошпат), а нередко и породы вскрыши, могут использоваться как местное строительное сырье для производства силикатного кирпича, железобетонных изделий, посыпки рубероида и др., в качестве формовочных, стекольных песков и т.д. В выпуске товарной продукции доля нерудной составляющей по своей стоимости может достигать 45—50 %;

наряду с основными рудными минералами в тяжелой фракции песков присутствуют ставролит, дистен, силлиманит, гранат, фосфориты, глауконит, хромит, монацит и др. минералы, которые при обогащении могут быть выделены в самостоятельные концентраты, имеющие промышленное значение;

в песках отдельных россыпей в последние годы установлены мелкие и тонкие выделения золота, представляющие особый интерес. Стоимость золота в выпуске товарной продукции отдельных месторождений по предварительным оценкам может достигать

40—50 %. Однако, в большинстве выявленных россыпей золотоносность песков практически не изучалась.

Вместе с тем, российские месторождения прибрежно-морских россыпей обладают и целым рядом недостатков, которые необходимо учитывать при их геолого-экономической оценке:

практически все они, являясь древними россыпями, залегают на значительных глубинах в среднем 10—40 м, а нередко — и 90—100 м, и требуют проведения значительного объема вскрышных работ. Рудные пласты, залегающие на глубинах более 40 м, требуют специальных методов добычи, одним из которых является способ скважинной гидродобычи (СГД), находящийся пока в стадии опытно-промышленного освоения;

содержания ильменита, рутила, циркона в большинстве из них являются более низкими по сравнению с разрабатываемыми зарубежными месторождениями;

по своему качеству ильменитовые концентраты не пригодны для прямой переработки на пигментный диоксид титана сернокислотным способом, т.к. содержат повышенные концентрации хрома и других хромоформных примесей;

для отдельных месторождений характерна несколько повышенная радиоактивность рудных концентратов в основном, видимо, за счет наличия монацита и метамиктного циркона;

высокая рентабельность отработки может быть достигнута только при реализации нерудных концентратов на местном рынке, что ограничивает мощности проектируемых ГОКов.

Основные россыпные провинции России и других стран СНГ показаны на схеме (см. рис. 1). Прогнозные ресурсы титана и циркония России в комплексных россыпях расположены в основном в районах Русской платформы и Западной Сибири. При этом, всего несколько лет назад (по состоянию на 01.01.88 г.) все прогнозные ресурсы титана России в комплексных россыпях были на территории Русской платформы. По состоянию на 01.01.93 г. ресурсы титана возросли более чем в 6 раз, в основном за счет интенсивных поисково-разведочных работ в Западной Сибири; на территории Русской платформы их рост относительно незначи-



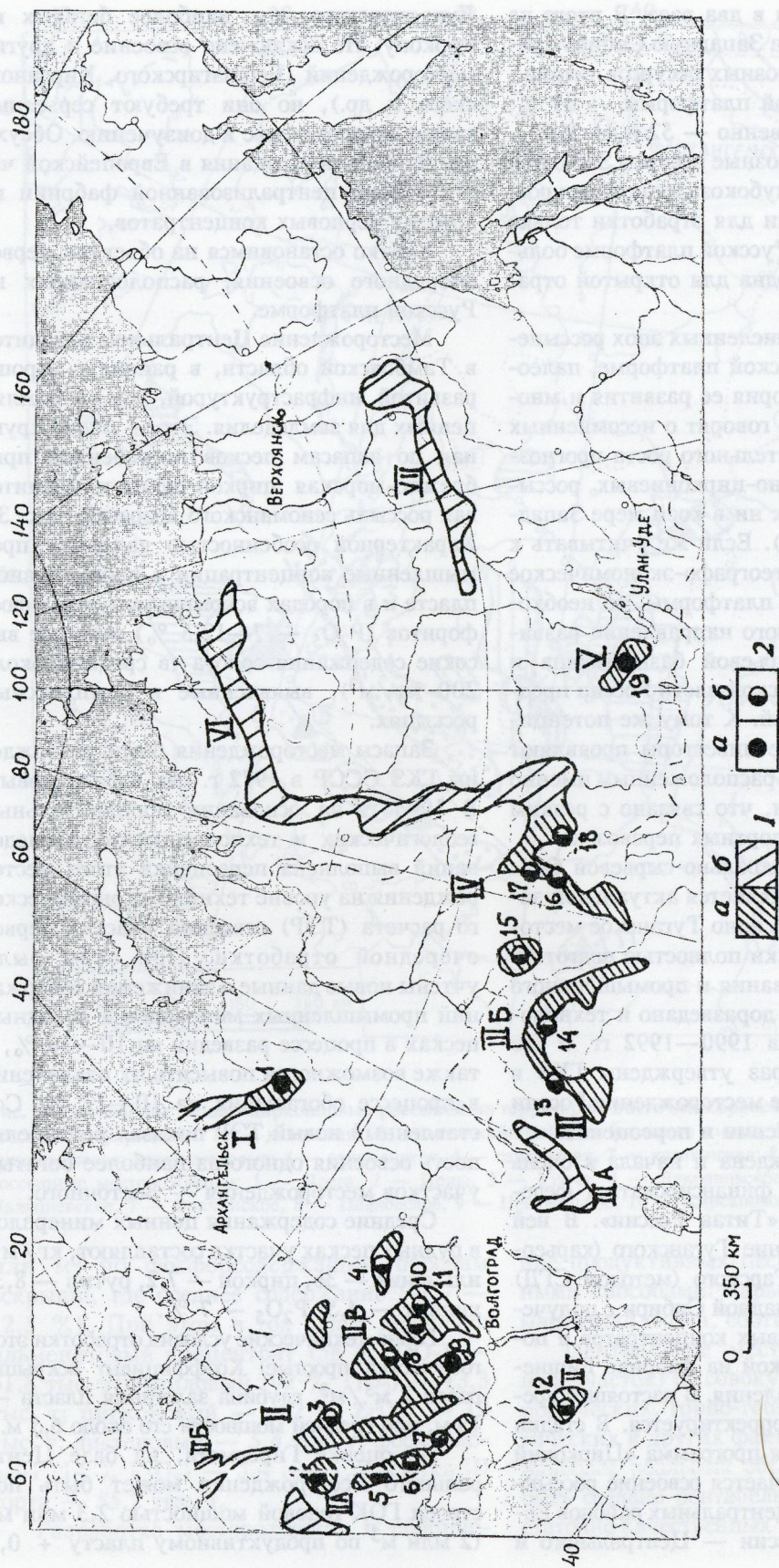


Рис. 1. Титано-циркониевые россыпные провинции и основные месторождения на территории России и других стран СНГ:

I — провинции: а — установленные, б — потенциальные, I — Тиманская, II — Восточно-Европейская (субпровинции: IА — Украинская, IБ — Прибалтийская, IВ — Центральная о-Российская, IГ — Предкавказская), III — Урало-Казахстанская (субпровинции: IIIА — Южно-Уральская, IIIБ — Северо-Казахстанская), IV — Западно-Сибирская, V — Иркутская, VI — Хатангская, VII — Южно-Якутская; 2 — россыпные месторождения: а — титановые, б — титано-циркониевые. 1 — Ярега, 2 — Ирша, 3 — Унеча, 4 — Лукояновское, 5 — Тарасовское, 6 — Мальшиевское, 7 — Волчанское, 8 — Липецко-Скопинская гр., 9 — Павловское, 10 — Центральное, 11 — Кирсановское, 12 — Бешпагир, 13 — Шакаш, 14 — Обуховское, 15 — Тара, 16 — Туган, 17 — Георгиевское, 18 — Борисово-Павлодарское, 19 — Тулун



телен — менее чем в два раза. В итоге на сегодняшний день на Западную Сибирь приходится 68 % прогнозных ресурсов титана, а на районы Русской платформы — 31 %, циркония соответственно — 52 и 44 %.

Почти все прогнозные ресурсы Западной Сибири связаны с глубокозалегающими россыпями, пригодными для отработки только методами СГД. На Русской платформе большая их часть пригодна для открытой отработки.

Наличие многочисленных эпох россыпеобразования на Русской платформе, палеогеографическая история ее развития и многие другие факторы говорят о несомненных перспективах значительного роста прогнозных ресурсов титано-циркониевых россыпей, не уступающих ни в коей мере Западной Сибири (рис. 2). Если же учитывать к тому же выгодное географо-экономическое положение Русской платформы, то необходимость приоритетного направления развития минерально-сырьевой базы титана и циркония в Европейской части России представляется очевидной. К тому же потенциальные иностранные инвесторы проявляют интерес к объектам, расположенным именно в этой части России, что связано с резким удорожанием транспортных перевозок.

Переоценка минерально-сырьевой базы титана и циркония является актуальной задачей. Сегодня лишь одно Туганское месторождение практически полностью подготовлено для проектирования и промышленного освоения. Оно было доразведано и технологически доизучено в 1990—1992 гг. и его запасы последний раз утверждены ГКЗ в 1992 г. Все остальные месторождения России нуждаются в доизучении и переоценке.

В 1992 г. утверждена и начала в очень небольших объемах финансироваться федеральная программа «Титан России». В ней предусмотрено освоение Туганского (карьерная разработка) и Тарского (методом СГД) месторождений в Западной Сибири с получением на месте черновых концентратов и последующей их доводкой на фабрике Вишневогорского рудоуправления. В настоящее время эта программа корректируется. В стадии разработки находится программа «Цирконий России». В ней намечается освоение россыпных месторождений центральных районов Европейской части России — Центрального и

Лукояновского, как наиболее богатых по циркону. Не исключено освоение и других месторождений (Бешпагирского, Кирсановского и др.), но они требуют серьезных затрат по доразведке и доизучению. Обсуждается вариант создания в Европейской части России централизованной фабрики по доводке черновых концентратов.

Кратко остановимся на объектах первоочередного освоения, расположенных на Русской платформе.

Месторождение Центральное находится в Тамбовской области, в районе с хорошо развитой инфраструктурой, но на землях ценных для земледелия. Это — очень крупная по запасам песков погребенная прибрежно-морская циркон-рутил-ильменитовая россыпь сеноманского возраста (рис. 3). Характерной особенностью являются промышленные концентрации в продуктивном пласте и в породах вскрыши попутных фосфоритов ( $P_2O_5$  — 7—12,5 %) и самые высокие содержания золота (в среднем около 200 мг/м<sup>3</sup>), выявленные в комплексных россыпях.

Запасы месторождения были утверждены ГКЗ СССР в 1972 г. как забалансовые. В 1993 г. на основании дополнительных геологических и технологических исследований выполнена переоценка этого месторождения на уровне технико-экономического расчета (ТЭР) освоения участка первоочередной отработки. При этом были учтены новые данные о занижении содержаний промышленных минералов в исходных песках в процессе разведки на 10—30 %, а также возможности повысить их извлечение в процессе обогащения на 10—12 %. Составленный новый ТЭР показал рентабельность освоения одного из наиболее богатых участков месторождения — Восточного.

Средние содержания ценных минералов в рудных песках участка составляют, кг/м<sup>3</sup>: ильменит — 36, циркон — 7,2, рутил — 8,3, кианит — 4,5;  $P_2O_5$  — 7 %.

Горно-технические условия отработки этого участка простые. Коэффициент вскрыши равен 2 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, глубина залегания пласта — 13 м, при средней мощности его около 6,5 м.

По оценке Гиредмета, на базе Центрального месторождения может быть построен ГОК годовой мощностью 2,3 млн м<sup>3</sup> (2 млн м<sup>3</sup> по продуктивному пласту + 0,3



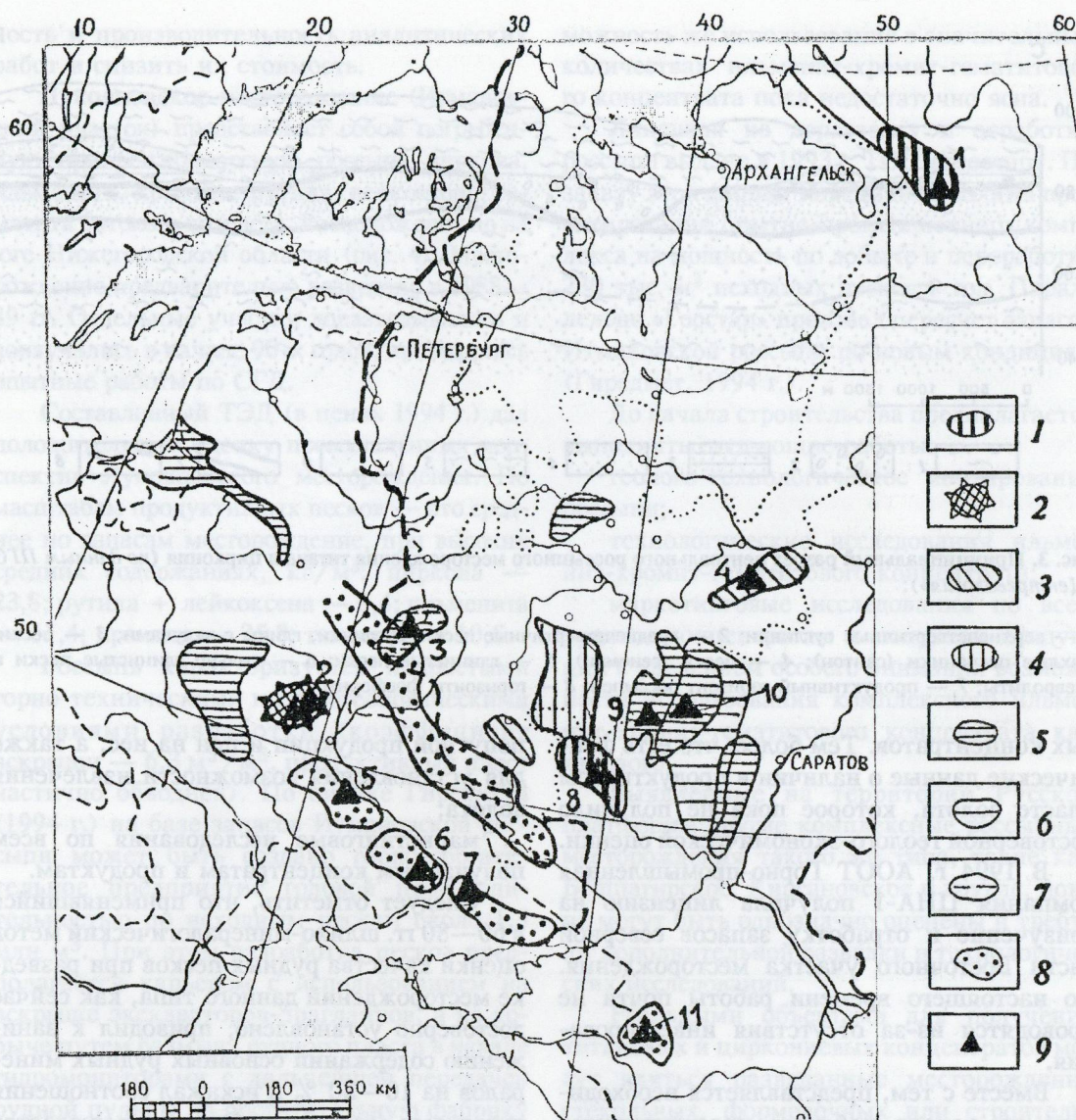


Рис. 2. Размещение титано-циркониевых россыпей на территории Восточно-Европейской платформы: россыпные формации: 1 — девонская, 2 — мезо-кайнозойская ближнего сноса, 3 — верхнеюрская, 4 — нижнемеловая; верхнемеловые: 5 — сеноманская, 6 — сантонская, 7 — кампанская; 8 — олигоцен-миоценовая; россыпные месторождения: 1 — Ярега, 2 — Ирша, 3 — Унеча, 4 — Лукояновское, 5 — Тарасовское, 6 — Мальшевское, 7 — Волчинское, 8 — Павловское, 9 — Центральное, 10 — Кирсановское, 11 — Бешпагир

млн м<sup>3</sup> по фосфорсодержащим породам вскрыши, где среднее содержание  $P_2O_5$  — 12,5 %). При этом в год будет получено: ильменитовый концентрат (58 %  $TiO_2$ ) — 61,8 тыс. т; рутиловый (92 %  $TiO_2$ ) — 13,3 тыс. т; цирконовый — (62 %  $ZrO_2$ ) — 13 тыс. т; дистеновый — 5,4 тыс. т; фосмелиорант (14 %  $F_2O_5$ ) — 5,4 тыс. т, фосмука III сорта — 55,2 тыс. т.

Разработка месторождения и обогаще-

ние продуктивных песков возможны обычными способами: карьер и гравитационно-магнитная схема, соответственно.

Центральное месторождение (Восточный участок) по совокупности географо-экономических, горно-геологических, технологических и других факторов сегодня один из наиболее реальных объектов РФ, где может быть создано рентабельное производство достаточно качественных титановых и цирконо-



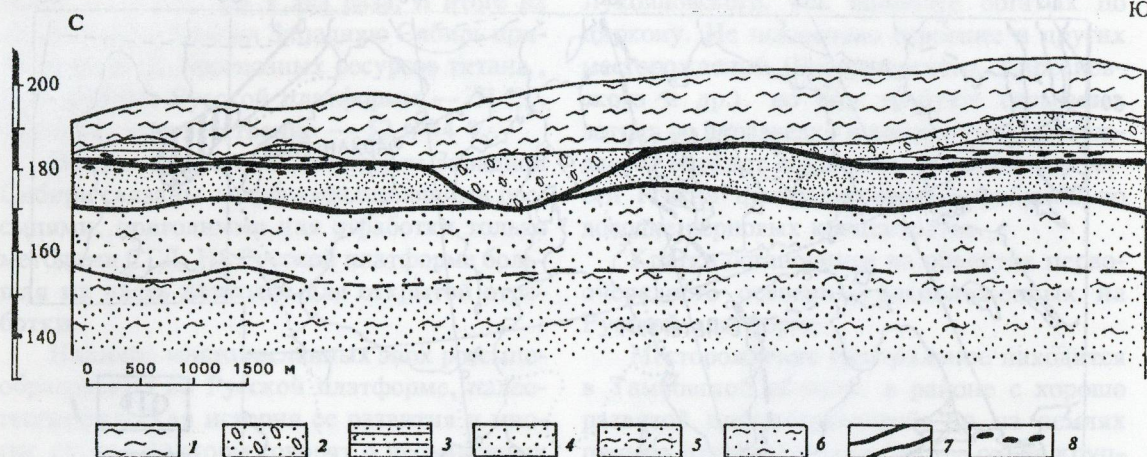


Рис. 3. Принципиальный разрез центрального россыпного месторождения титана и циркония (по данным ПГО «Центргеология»):

1 — верхнечетвертичные суглинки; 2 — среднечетвертичные пески, суглинки, глины с валунами; 3 — пески, рыхлые песчаники (сантон); 4 — пески (сеноман); 5 — глинистые пески; 6 — сильно глинистые пески и алевролиты; 7 — продуктивный горизонт россыпей; 8 — горизонты фосфоритов

вых концентратов. Тем более, что есть фактические данные о наличии в продуктивном пласте золота, которое пока не получило достоверной геолого-экономической оценки.

В 1994 г. АОТ Горно-промышленная компания ЦНА-1 получила лицензию на доизучение и отработку запасов северной части Восточного участка месторождения. До настоящего времени работы почти не проводятся из-за отсутствия инвестирования.

Вместе с тем, представляется необходимым до начала рабочего проектирования выполнить следующие работы в пределах этого участка:

геолого-технологическое картирование с целью получения реальной картины распределения золота и его количества, а также оценки изменения качества рудных песков, концентратов и подсчета запасов элементов-примесей (прежде всего Sc, V в ильмените, рутиле и Hf в цирконе);

отбор и исследование крупномасштабной технологической пробы с целью повышения качества всех получаемых концентратов, наработки опытных партий попутных нерудных концентратов (дистенового, гранатового, глауконитового и др.) для опытно-промышленных испытаний у потребителей и согласования с ними объемов

попутной продукции и цен на нее, а также для установления возможности извлечения золота;

маркетинговые исследования по всем получаемым концентратам и продуктам.

Следует отметить, что применявшийся в 60—80 гг. шлихо-минералогический метод оценки качества рудных песков при разведке месторождений данного типа, как сейчас достоверно установлено, приводил к занижению содержаний основных рудных минералов на 10—30 % и искажал соотношения титановых минералов. Это подтверждается как результатами крупнообъемного технологического опробования рудных песков, так и данными их промышленной эксплуатации. Так, по отработанному Западному участку Малышевского месторождения содержания полезных минералов по данным эксплуатации оказались на 20—30 % выше, чем по данным детальной разведки.

В ВИМСе на материале Бешпагирского месторождения в последнее время разработана инструментальная методика рентгенографического количественного анализа шлихов титано-циркониевых россыпей и продуктов их обогащения. Эта методика аттестована НСАМ как соответствующая анализам III категории точности. Она позволяет существенно повысить точность, достовер-



ность и производительность аналитических работ и снизить их стоимость.

Лукояновское месторождение (Итмановский участок) представляет собой погребенную прибрежно-морскую россыпь циркона, ильменита, хромита, рутила, лейкоксена, гематита батского возраста. Расположено оно на юге Нижегородской области (рис. 4). Месторождение предварительно разведано в 1988—89 гг. Отдельные участки доразведывались и доизучались в начале 90-х годов, проводились опытные работы по СГД.

Составленный ТЭД (в ценах 1994 г.) дал положительную оценку промышленных перспектив Лукояновского месторождения. По масштабам продуктивных песков — это среднее по запасам месторождение, при высоких средних содержаниях, кг/м<sup>3</sup>: циркона — 23,8; рутила + лейкоксена — 8,4; ильменита — 61,4; хромита — 25,8; гематита — 10,5.

Россыпь характеризуется непростыми горно-техническими и гидрогеологическими условиями разработки (коэффициент вскрыши — 6,3 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, продуктивный пласт частично обводнен). По оценке Гиредмета (1994 г.) на базе запасов Итмановской россыпи может быть создано горно-обогательное предприятие годовой производительностью по исходным пескам около 1,5 млн м<sup>3</sup>. При этом разработка песков предполагается карьером с использованием на вскрыше экскаваторов-драглайнов, а на добыче путем размыва рудного пласта в навал гидромониторами с дальнейшей передачей рудной пульпы на обоганительную фабрику с помощью гидротранспорта.

Обогащение рудных песков возможно по гравитационной схеме с предварительным дезинтегрированием исходного материала и использованием при первичном обогащении винтовых шлюзов и концентрационных столов, а на доводке — магнитных и электрических сепараторов и гравитационных столов. По этой схеме возможно получение следующих товарных концентратов: цирконовый, рутиловый, ильменит-хромит-гематитовый, эпидотовый, кварц-полевошпатовый. Количество основных концентратов в год, тыс. т: цирконовый (64—65 % ZrO<sub>2</sub>) — 29,9, рутиловый (94—96 % ZrO<sub>2</sub>) — 10,0, ильменит-хромит-гематитовый — 143,7.

Реализация цирконового и рутилового концентрата не вызывает сомнений. Воз-

можность же использования в значительных количествах ильменит-хромит-гематитового концентрата пока недостаточно ясна.

Лицензия на доразведку и отработку россыпи выдана в 1993 г. ТОО «Геостар». По заказу этой фирмы Гиредмет выполнил проектирование опытно-промышленного комплекса на мощность по добыче и переработке 230 тыс. м<sup>3</sup> исходных песков в год. Параллельно «Геостар» произвел пересчет запасов Итмановской россыпи по новым кондициям (Гиредмет, 1994 г.).

До начала строительства предполагается выполнить следующие работы:

геолого-технологическое картирование россыпи;

технологические исследования ильменит-хромит-гематитового концентрата;

маркетинговые исследования по всем рудным концентратам и попутной продукции с уделением особого внимания возможности использования комплексного ильменит-хромит-гематитового концентрата как такового.

Выявленные на территории Русской платформы другие комплексные россыпные месторождения такого же типа, такие как Бешпагирское, Кирсановское и другие, пока не могут быть однозначно оценены и требуют дополнительной разведки и технологических исследований.

Реальными объектами для получения титановых и циркониевых концентратов могут явиться разведанные месторождения стекольных, формовочных или строительных песков в Европейской части России. При очистке этих песков и доводке до требуемых кондиций из них возможно попутное извлечение минералов титана и циркона. Одним из таких месторождений стекольных кварцевых песков является Новозыбковское в Брянской области. Запасы кварцевых песков и содержащихся в них минералов титана и циркона утверждены в 1970 г. ГКЗ СССР в количестве 237 тыс. т TiO<sub>2</sub> и 28 тыс. т ZrO<sub>2</sub>, но на государственном балансе эти запасы не числятся.

Сейчас подготовлен ТЭС освоения Новозыбковского месторождения, в котором производительность будущего предприятия предусматривается в размере 1 млн м<sup>3</sup> песков в год. Предприятие обещает быть высоко rentабельным, однако требуются допол-



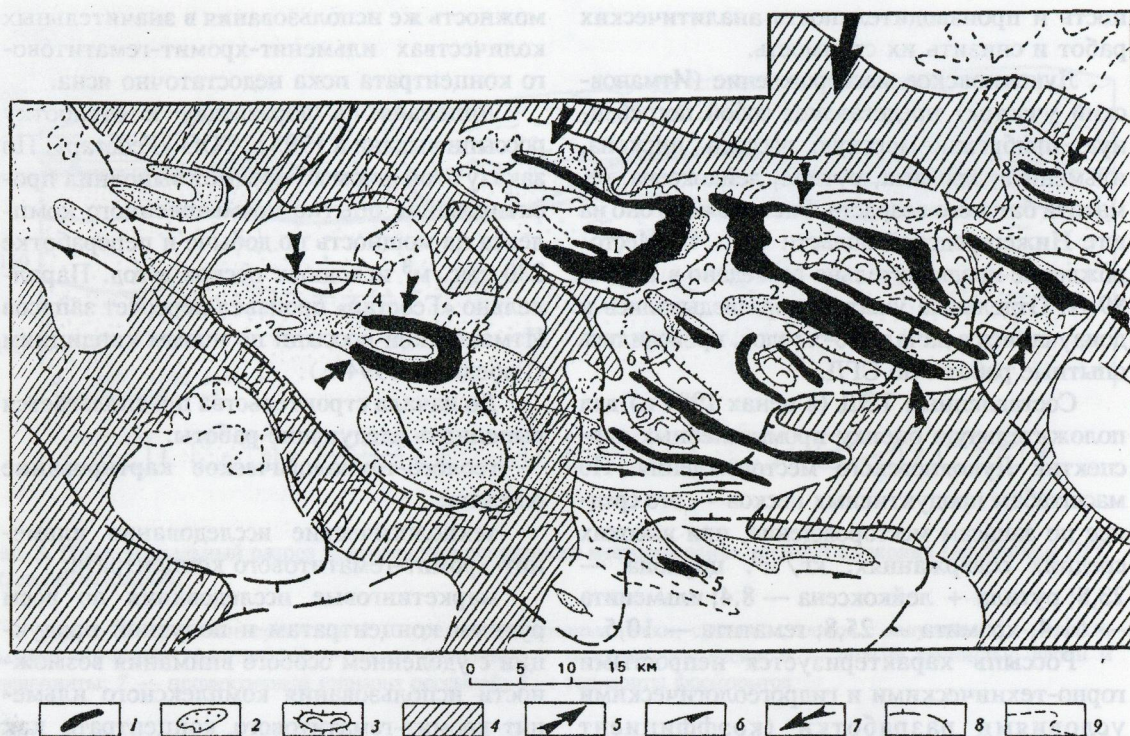


Рис. 4. Схема размещения титано-циркониевых россыпей Лукояновского россыпного района (на палеогеографической основе, батское время):

1 — россыпи, 2 — площади распространения песчаных фаций батского времени, 3 — острова и отмели, 4 — впадины и депрессии дна, 5 — волновые равнодействующие, 6 — направление преимущественного перемещения наносов, 7 — направление преимущественного переноса материала из области сноса, 8 — положительные морфоструктуры, 9 — современная граница распространения батских отложений; россыпи и залежи: 1 — Шатковская, 2 — Итмановская, 3 — Сунгуловская, 4 — Казаковская, 5 — Алатырская, 6 — Ульяновская, 7 — Науповская, 8 — Ветошкинская

нительные расчеты и уточнение качества песков. Пока месторождение находится в госрезерве.

Как уже упоминалось, к числу первоочередных месторождений, заслуживающих дальнейшего изучения следует отнести Беспягирское в Ставропольском крае, Кирсановское — в Тамбовской области, а также Унечское — в Брянской области. Последнее из перечисленных месторождений — существенно фосфорное; оконтуривание рудных пластов в нем производилось по бортовому содержанию  $P_2O_5$  [6]. Титан и цирконий в нем — попутные компоненты, хотя без их извлечения отработка месторождения нерентабельна.

Таким образом, источником получения титановых и циркониевых концентратов на Русской платформе могут быть три типа

россыпей, отличающиеся по особенностям их геолого-экономической оценки.

1. Собственно титано-циркониевые комплексные россыпи, где стоимость основных рудных концентратов (ильменитовых, рутиловых и цирконовых) превышает стоимость попутной нерудной продукции или сопоставима с ней. Оконтуривание продуктивных залежей проводится по бортовому содержанию условного ильменита или циркона. Типичные представители — Центральное, Лукояновское, Кирсановское, Беспягирское.

2. Комплексные титано-циркониево-фосфатные месторождения, где стоимость рудных концентратов заметно меньше стоимости фосфорной продукции. Оконтуривание продуктивных залежей осуществляется по бортовому содержанию  $P_2O_5$ . Типичный представитель — Унечское месторождение,



где бортовое содержание составляет 5 %  $P_2O_5$ .

3. Месторождения песков и песчано-гравийных смесей, где минералы титана и циркон являются попутными компонентами. Рудные концентраты в стоимости товарной продукции играют второстепенную роль. Оконтуривание продуктивных залежей проводится в геологических границах или по бортовому содержанию  $SiO_2$ . Содержание рудных минералов на оконтуривание не влияет, но должно учитываться при расчетах отдельных показателей кондиций. Примером может служить Новозыбковское месторождение.

Перспективы Русской платформы как крупнейшей провинции титано-циркониевых россыпей далеко не исчерпываются перечисленными месторождениями. Целый ряд перспективных объектов известен в Курской, Белгородской, Брянской, Воронежской, Рязанской областях, а также в Ростовской области, Ставропольском крае, Архангельской области.

К сожалению, научный задел, лежащий в основе выделения перспективных площадей, в значительной степени устарел. Ни для кого не секрет, что широкомасштабные геологоразведочные и научные исследования на Русской платформе по титано-циркониевым россыпям в связи с открытием таких гигантских месторождений как Ярегское и Стремгородское были в значительной мере свернуты более 20 лет тому назад. Их изучение проводилось лишь отдельными коллективами. Сегодня назрела необходимость критического анализа и переосмысления ранее известных «истин» с учетом новой информации в свете последних достижений геологической науки, технологии добычи и обогащения песков, и в области рационального использования недр. Так, применение СГД расширяет перспективы глубокозалегающих продуктивных формаций, на которые раньше просто не обращалось внимания. Появление нового высокопроизводительного гравитационного оборудования и электромагнитных сепараторов расширило возможности комплексного использования россыпных месторождений, в частности, для извлечения тонкого золота. По-новому могут решаться и организационно-технологические проблемы. На месте отработки про-

водится только первичное обогащение, а черновые концентраты, содержащие 70—80 % тяжелой фракции, свозятся на централизованную региональную фабрику «сухой доводки». Такая схема принята в Австралии, и она себя вполне оправдала.

Вероятно, следует пересмотреть представления о промышленной значимости месторождений титана и циркония. Раньше считалось, что промышленная титан-циркониевая россыпь должна иметь запасы песков не менее 20—30 млн  $m^3$ , содержание в пласте суммы минералов титана и циркония не менее 50—60  $kg/m^3$ , при соотношении мощности торфов и песков 4:1. Эти представления основывались на идее самостоятельного горно-обогатительного предприятия с выпуском товарных концентратов. Сегодня, когда такие месторождения часто рассматриваются как комплексные — титана, циркония и кварцевых песков, с получением на месте добычи лишь черновых коллективных концентратов, запасы их могут быть снижены до 8—10 млн т. При этом, если хвосты обогащения не будут утилизироваться, то содержания титановых минералов и циркона должны суммарно составлять около 100  $kg/m^3$  или  $\approx 5\%$  (т.е. циркона 20—30, рутила 10—15, ильменита 70—100  $kg/m^3$ ). В случае реализации большей части нерудной составляющей продуктивных отложений, промышленное содержание может составить 50—60  $kg/m^3$ , а для высококачественных стекольных песков 10—20  $kg/m^3$ . Во всех случаях для открытой отработки вскрыша не должна превышать 20 м. Параметры кондиций для отработки методом СГД сегодня не разработаны, и пока содержания рудных минералов принимаются по аналогии с месторождениями, обрабатываемыми карьерами.

Нам представляется, что успех может быть достигнут только при соединении общих усилий практиков и представителей фундаментальной и прикладной науки (это — первое) и специалистов-практиков, занимающихся разными видами сырья — титаном и цирконием, фосфоритами, золотом, строительными материалами (это — второе), которые должны разработать стратегию развития и комплексного освоения минерально-сырьевой базы титана, циркония, золота, фосфора и нерудного сырья в тер-



# ригенных формациях осадочного чехла Русской платформы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быховский Л.З., Zubkov Л.Б. Стратегия развития и освоения минерально-сырьевой базы титана // Минеральные ресурсы России. 1995. № 5. С. 6—12.
2. Быховский Л.З., Zubkov Л.Б. Проблемы развития и освоения минерально-сырьевой базы циркония // Минеральные ресурсы России. 1996. № 1. С. 6—11.
3. Гурвич С.И., Болотов А.М. Титано-циркониевые россыпи Русской платформы и вопросы поисков. — М.: Недра, 1968.
4. Россыпные месторождения титана СССР // Под ред. Г.С.Момджи, В.А.Блинова. — М.: Недра, 1976.
5. Савко А.Д., Беляев В.И., Бартенев В.К. Основные факторы формирования титан-циркониевых россыпей // Сов.геология. 1992. № 3. С. 21—28.
6. Иконников Н.Н. Новая перспективная фосфатноносная формация // Разведка и охрана недр. 1989. № 10. С. 13—14.

Bykhovsky L. Z., Zubkov L. B., Patyk-Kara N. G.

## PROSPECTS FOR COMMERCIAL DEVELOPMENT OF TI-ZR PLACERS IN THE RUSSIAN PLATFORM AND CHALLENGES FOR FURTHER STUDIES

*It is shown that the problem of setting up the Russian national industry to produce ilmenite, rutile and zircon concentrates could be expediently solved through commercial development of old sea-beach combined placers widespread within the Russian platform. Co-presence of a number of useful components in the deposits of this type calls for working out a common strategy of all-round development for Ti, Zr, Au, P and non-metallic mineral base of terrigene formations involved in the sedimentary cover of the Russian platform.*

УДК 550.4:553.065:552.54

© Коллектив авторов, 1996

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ И КРИТЕРИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ УРАНО-БИТУМНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ (Среднее Поволжье)

В. М. ТЮЛЕНЕВА, В. Ф. ПЕНЬКОВ, Г. В. КОМАРОВА (ВИМС Роскомнедра)

*Рассмотрены закономерности размещения, основные поисковые критерии и признаки урано-битумного оруденения на объектах Среднего Поволжья. Охарактеризованы геолого-структурная позиция, минералого-геохимические особенности, последовательность минералообразования рудоформирующего этапа Репьевского урано-битумно-сульфидного месторождения, представляющего новую разновидность эпигенетических урано-битумных месторождений.*

Крупных, конкурентоспособных промышленных месторождений урано-битумной формации в России не выявлено, однако, с ней связана большая часть запасов урановых руд в зарубежных странах. Четыре десятилетия урано-битумные месторождения вызывают большой интерес в связи с открытием в пятидесятые годы на плато Колорадо

Минерального пояса Грантс, потенциальные запасы которого исчисляются в 700 тыс. т урана [5].

Обнаружение урановых месторождений на Русской платформе является важной задачей; поэтому актуальна проблема рассмотрения особенностей размещения и условий локализации своеобразного типа стра-



тиформных урано-битумных объектов, выявленных в юго-восточной области Русской платформы [11].

Урано-битумный тип оруденения определяет металлогенический облик восточной, краевой части Русской платформы в целом, и, в частности, южной зоны Волго-Уральской антеклизы [1—7, 10]. На объектах Средне-Волжского района урано-битумное оруденение локализуется преимущественно в отложениях верхнего мела гжельского яруса нижней перми ассельского яруса. Практически все урано-битумное оруденение связано с известняково-доломитовой формацией инундационной стадии средне-позднепалеозойского-раннемезозойского этапа развития платформы, и лишь незначительная часть — с лагунно-морской терригенно-карбонатной формацией верхней перми, казанский ярус (регрессивная стадия). Оруденение образует две пересекающиеся полосы субширотного и северо-восточного простирания. Первая отмечается на стыке Жигулевско-Пугачевского свода со Ставропольской депрессией, а вторая приурочена к восточному склону Татарского свода (рис. 1). Как показали многолетние геолого-прогнозные и поисково-разведочные работы, проведенные большим коллективом исследователей Центральной и Кольцовской экспедиций, ВСЕГЕИ, ВИМСа и ряда других организаций, большая часть оруденения обнаружена в северном борту Жигулевско-Пугачевского свода, формирующего полосу субширотного простирания шириной 10—15 км и протяженностью до 300 км.

В пределах этой зоны, на склоне Жигулевского вала, выявлены Репьевское урано-битумное месторождение, четыре рудопроявления, более пятидесяти проявлений минерализации и радиоактивных аномалий. Концентрации урано-битумной минерализации установлены также на восточном склоне Жигулевско-Пугачевского свода, южном склоне Татарского свода и в Бузлукской впадине.

В осадочном чехле Русской платформы наиболее значимым объектом урано-битумного типа является Репьевское урано-битумно-сульфидное месторождение. По ценовой категории месторождение относится к третьей группе — 130—260 долл. США за 1 кг металла в концентрате.

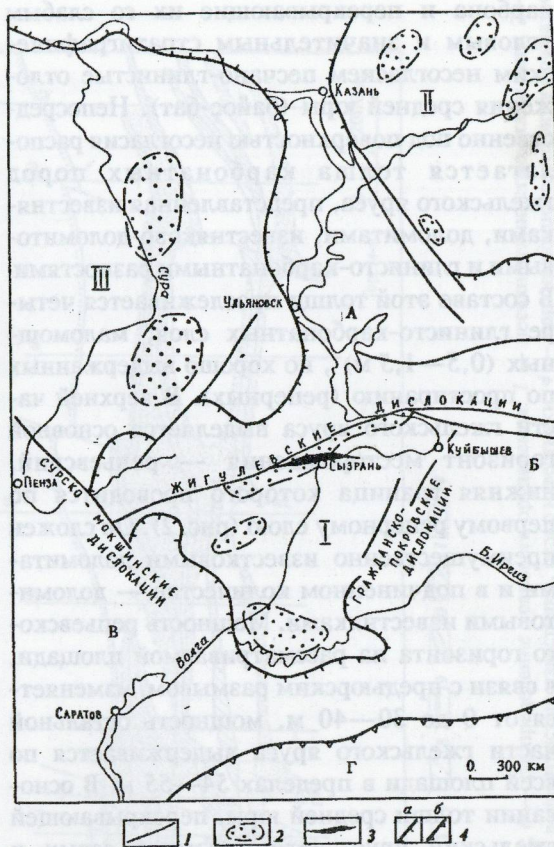


Рис. 1. Схема структурных элементов фундамента юго-восточной части Русской платформы:

1 — тектонические нарушения; 2 — локальные купола; 3 — Заборовская нефтеносная антиклиналь; 4 — границы: а — свода, б — Прикаспийской впадины; своды: I — Жигулевско-Пугачевский, II — Татарский, III — Токмовский; впадины: А — Мелекесская впадина; А1 — Ставропольская депрессия; Б — Бузулукская впадина; В — Рязано-Саратовский прогиб; Г — Прикаспийская впадина

Рассматриваемая площадь является частью крупнейшей нефтегазоносной провинции. Основная рудоконтролирующая структура района — Жигулевский вал, к центральной части которого тяготеет Репьевское месторождение, простирается в субширотном направлении вдоль северного борта Жигулевско-Пугачевского свода. Брахиантеклинальные и купольные поднятия, осложняющие Жигулевский вал, трассируются в этом же направлении. Репьевское рудное поле располагается на западном периклинальном замыкании одной из таких структур — Заборовской нефтеносной брахиантеклинали. В ее строении принимают участие карбонатные породы верхнего



карбона и перекрывающие их со слабым угловым и значительным стратиграфическим несогласием песчано-глинистые отложения средней юры (байос-бат). Непосредственно под поверхностью несогласия располагается толща карбонатных пород гжельского яруса, представленная известняками, доломитами, известняково-доломитовыми и глинисто-карбонатными разностями. В составе этой толщи прослеживается четыре глинисто-карбонатных слоя, маломощных (0,5—1,5 м), но хорошо выдержанных по простирацию (реперных). В верхней части гжельского яруса выделяется основной горизонт месторождения — репьевский, нижняя граница которого проводится по первому реперному слою (рис. 2). Он сложен преимущественно известковыми доломитами и в подчиненном количестве — доломитовыми известняками. Мощность репьевского горизонта на рассматриваемой площади, в связи с предъюрским размывом, изменяется от 0 до 30—40 м, мощность остальной части гжельского яруса выдерживается по всей площади в пределах 54—55 м. В основании толщи средней юры, перекрывающей гжельский ярус, залегает пласт серых и темно-серых глин и алевролитов, мощностью от 4 до 10 м.

Породы верхнего карбона залегают субгоризонтально. Их выровненная в предъюрское время поверхность полого (доли градуса) и ступенчато по зонам разрывных нарушений погружается на запад и юго-запад.

На площади месторождения развиты субширотные и северо-восточные нарушения, играющие большую роль в локализации урано-битумно-сульфидного оруденения, слабее проявлена рудоконтролирующая роль северо-западных и субмеридиональных нарушений. В целом, морфология оруденения имеет пластово-трещинный характер. Основная масса рудных скоплений приурочена к репьевскому горизонту, который благодаря повышенной и весьма равномерной поровой проницаемости, усиленной трещиноватостью, является водоносным комплексом, заключенным между слабопроницаемой глинисто-алевролитовой пачкой средней юры и глинисто-карбонатным первым реперным слоем (см. рис. 2, а). Глубина залегания кровли рудоносного горизонта изменяется от 40—45

м на севере до 120—140 м на юге и юго-западе рудного поля.

В разрезе репьевского горизонта субпластовые, линзообразные или прихотливо очерченные рудные тела тяготеют к субвертикальным малоамплитудным разрывным нарушениям и зонам трещиноватости (см. рис. 2, б). Вблизи нарушений рудные скопления охватывают значительную мощность репьевского горизонта, а иногда и полную его мощность. Подобные участки могут быть выделены как «рудные столбы». В плане рудные тела локализуются в виде полособразных залежей протяженностью в десятки — первые сотни метров, ориентированных в субширотном и северо-восточном направлениях, согласно простирацию рудоконтролирующих нарушений.

Платформенный чехол региона формировался в несколько этапов. С этапом восстановительных преобразований карбонатных пород гжельского яруса связано формирование урано-битумно-сульфидного оруденения Репьевского месторождения [11]. Комплекс эпигенетических изменений и минеральных новообразований данного этапа наиболее интенсивно распространен в отложениях рудоносного горизонта, причем их развитие четко контролируется теми же разрывными нарушениями, что и урано-битумное оруденение. Значительно менее интенсивно аналогичная эпигенетическая минерализация проявлена в толще органогенных известняков, залегающих под первым реперным слоем. По пространственным и возрастным соотношениям эпигенетических минеральных ассоциаций с рудным комплексом в рудоформирующем процессе можно выделить три стадии, хотя четкие границы между ними провести затруднительно (таблица).

К предрудной стадии относятся:

выщелачивание кальцита из карбонатных пород с образованием пор и каверн, особо интенсивное в зонах трещиноватости;

отложение кальцита в виде крупнокристаллических выделений в порах, кавернах и трещинах, часто в ассоциации с мелкокристаллическим пиритом;

перекристаллизация первичного кристолитического доломита до мелкозернистого (0,02—0,03 мм), зоны перекристаллизации контролируются разрывными нарушениями;



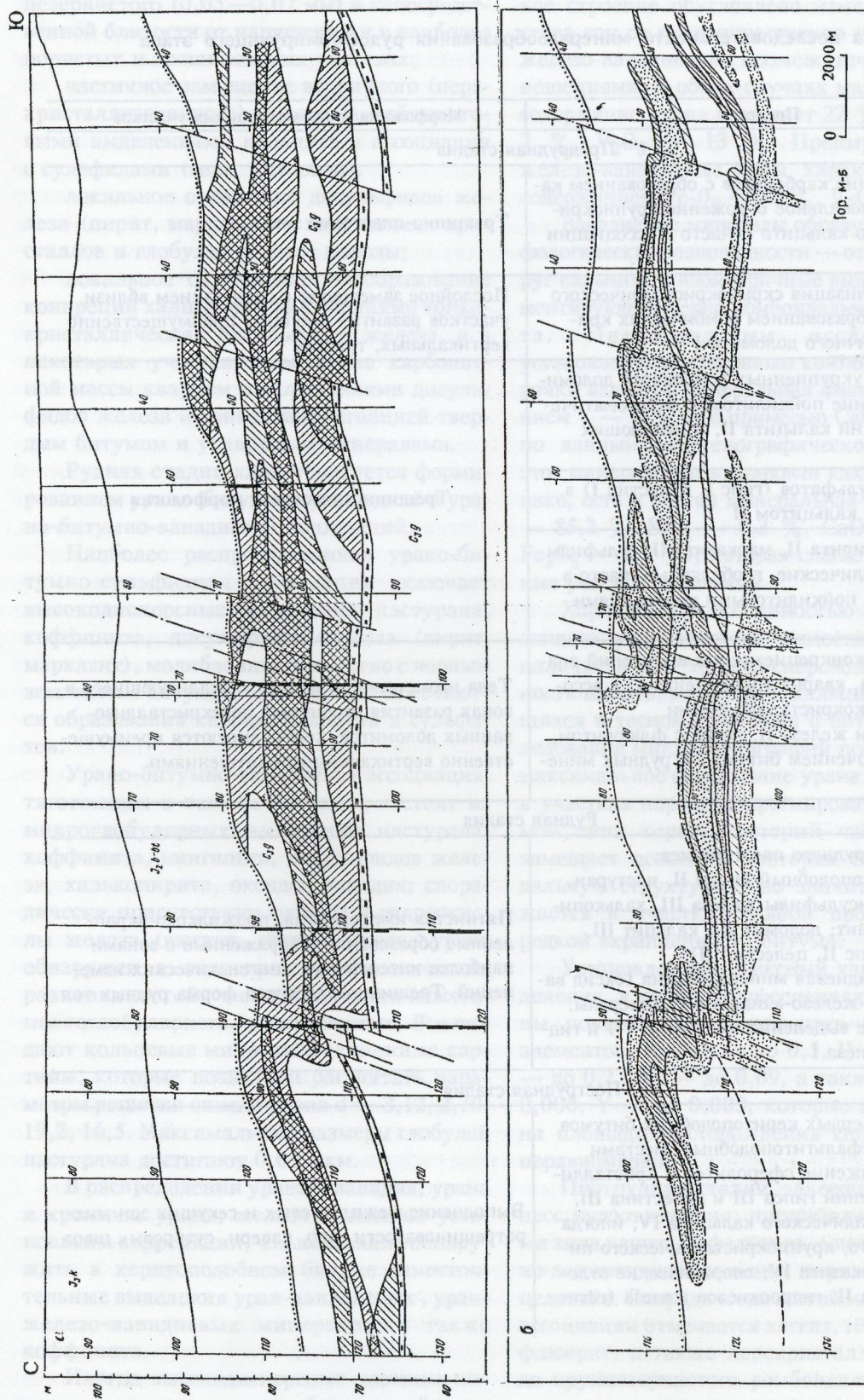


Рис. 2. Разрез через центральную часть Рельевского месторождения:

а — распределение эпигенетической минерализации в отложениях верхнего карбона; б — распределение уранового оруднения; 1 — песчано-глинистые отложения; 2 — переслаивание песчаников, песков, алевролитистых глин, алевролитов; 3 — доломиты, доломитистые известняки, редко известняки; 4 — маркирующий горизонт в основании доломитов гжельского яруса — известковистые глины, глинистые известняки, глинистые доломиты; зоны развития: 5 — битума, 6 — дисульфидов железа, 7 — интервалы опробования; 8 — тектонические нарушения; 9 — подошва мезозойских отложений; руды: 10 — балансовые, 11 — забалансовые; 12 — рудные зоны



Схема последовательности минералообразования рудоформирующего этапа

Процесс	Морфология минерализованных участков
Предрудная стадия	
Выщелачивание карбонатов с образованием каверн и пор; локальное отложение крупнокристаллического кальцита I, часто в ассоциации с пиритом I	Трещинно-пластовые зоны
Перекристаллизация скрытокристаллического доломита с образованием ромбических кристаллов вторичного доломита I	Послойное замещение с раздуванием вблизи участков развития секущих, преимущественно вертикальных, трещин
Образование укрупненных ромбоэдров доломита II, отложение пойкилитовых метасоматических выделений кальцита II, замещающих доломит	Трещинно-пластовая морфология
Отложение сульфатов (гипс I, целестин I) в ассоциации с кальцитом II	
Отложение пирита II, марказита II; сульфиды тонкокристаллические, глобулярные, часто в ассоциации с пойкилитовыми выделениями кальцита II	
Образование конкрециевидных выделений опала, халцедона, кварца (окремнение I) в ассоциации с тонкокристаллическими дисульфидами железа II, редко с флюоритом, иногда с включением битума I и рудных минералов	Тела изометричной формы, локализующиеся в зонах развития вторичных перекристаллизованных доломитов; контролируются преимущественно вертикальными нарушениями
Рудная стадия	
Образование рудного парагенезиса: рудный керитоподобный битум II, настуран, коффинит, дисульфиды железа III, халькопирит, молибденит; доломит III, кальцит III, сульфаты (гипс II, целестин II); настуран-ванадиевая минерализация (оксид ванадия I, уран-железо-ванадиевые минералы, спорадические выделения нингиота (?) и гидроокислов железа I	Пятнистая импрегнация, прожилково-вкрапленные образования, сопряженные с зонами наиболее интенсивных эпигенетических изменений. Трещинно-пластовая форма рудных тел
Пострудная стадия	
Отложение твердых керитоподобных битумов III, черных асфальтитоподобных, местами цветных; отложение сферолитов и кристаллических выделений гипса III и целестина III, крупнокристаллического кальцита IV, иногда медово-желтого; крупнокристаллического пирита IV и марказита IV; спорадические отложения хеггита II, гидроокислов железа (гётит II)	Выполнение межпластовых и секущих зон микротрещиноватости, пор, каверн, сутуровых швов



перекристаллизация доломита до среднезернистого (0,05—0,07 мм) в непосредственной близости от нарушений и в наиболее пористых и трещиноватых участках;

частичное замещение вторичного (перекристаллизованного) доломита пойкилитовыми выделениями кальцита в ассоциации с сульфидами (гипс, целестин);

локальное отложение дисульфидов железа (пирит, марказит) в виде мелких кристаллов и глобулей в массе породы;

локальное окремнение — образование конкреций халцедона с включениями тонкокристаллических дисульфидов железа, а в некоторых участках замещение карбонатной массы кварцем с включениями дисульфидов железа и тонкой импрегнацией твердым битумом и урановыми минералами.

Рудная стадия характеризуется формированием урано-битумно-сульфидной и урано-битумно-ванадиевой ассоциаций.

Наиболее распространенная урано-битумно-сульфидная ассоциация включает высокодисперсные выделения настурана, коффинита, дисульфидов железа (пирит, марказит), молибденита совместно с черным землистым битумом типа керита; отмечаются образования кварца, кальцита и сульфатов.

Урано-битумно-ванадиевая ассоциация, тяготеющая к тем же битумам, состоит из микроглобулярных выделений настурана, коффинита, нингюита, дисульфидов железа, халькопирита, оксидов ванадия; спорадически присутствуют окислы и гидроокислы железа (вюстит, гётит). Окисел урана обнаружен в виде трех морфологических разновидностей: мелкокристаллического, мелкоглобулярного, хлопьевидного. Все они дают кольцевые микродифракционные картины, которые позволили рассчитать параметры решетки окисла урана  $d = 3,12, 2,70, 19,2, 16,5$ . Максимальные размеры глобулей настурана достигают 0,01 мкм.

В распределении урана и ванадия, урана и кремния, урана, железа и ванадия установлены корреляции, что позволило обнаружить в керитоподобном битуме самостоятельные выделения уран-ванадиевых, уран-железо-ванадиевых минералов, а также коффинита.

Иногда высокодисперсные частицы минералов урана и ванадия образуют в битуме

концентрически-зональные выделения. Такое строение обусловлено изменением состава зон от преимущественно урановой до железо-ванадиевой с промежуточными соотношениями. В обоих случаях максимальное содержание урана достигает 22 %,  $Fe_2O_3$  — 7 %,  $V_2O_5$  — 13 %. Преимущественно железо-ванадиевые зоны характеризуются содержанием  $Fe_2O_3$  — 30 %,  $V_2O_5$  — 50 %.

Ванадиевые минералы образуют две морфологические разновидности — оторочки вокруг кальцита и изометричные выделения, цементирующие зерна ромбоидального доломита. Микронзондовым исследованием установлено, что основным компонентом оторочки является минеральная фаза с содержанием V — 98,8 % и примесью CaO — 0,7 %; по данным рентгенографического анализа этот минерал диагностирован как хегтит. Однако, есть и другая минеральная фаза ( $V_2O_5$  — 85,2 %,  $SiO_2$  — 0,3 %, CaO — 0,6 %,  $Fe_2O_3$  — 4,7 %), которая слагает центральные участки выделений.

Характерной особенностью рудосодержащего углеродистого вещества является наличие в нем тонкодисперсной вкрапленности пирита, марказита, кальцита, находящихся в тесном срастании с битумом. Исследование микрорадиографий показало, что максимальное содержание урана отмечается в участках пород, импрегнированных битумом типа керита, который часто нацело замещает доломит, повторяя его ромбоидальную структуру. Оно значительно снижается в участках слабой пропитки или редкой вкрапленности битума.

Установлен комплексный характер обогащения, в рудных пересечениях обнаружены повышенные содержания следующих элементов, %: Mo — до 0,5, V — до 1, Pb — до 0,2, Se — до 0,09, а также Nb — до 0,006, Y — до 0,003, которые отмечаются на площади месторождения спорадически, неравномерно.

Пострудная стадия, завершающая процесс рудоотложения, представлена битумами типа керита-асфальтита, с которыми тесно ассоциируют: кальцит, пирит, марказит, целестин. Спорадически в этой минеральной ассоциации отмечается хегтит, гётит, кварц, флюорит, а также перекристаллизованный до крупнозернистого ромбоидальный доломит.



Битумы и ассоциирующие с ними минералы выполняют каверны, поры, трещины, образуя гнездовидно-вкрапленные, прожилковидные (часто дендритовидные) выделения. Кристаллические новообразования характеризуются преимущественно крупнозернистой структурой. Битумы этой стадии не являются, как правило, рудоносными, хотя изредка в низшем керите по данным радиографии и электронной микроскопии отмечается небольшое количество высокодисперсных глобулярных или пленочных выделений настурана.

Участки развития новообразований рудной и пострудной стадии в общих чертах пространственно совпадают. Однако вторые распространены локально и еще ближе тяготеют к рудоконтролирующим нарушениям и зонам трещиноватости, в которых они иногда встречаются на значительной глубине за пределами репьевского горизонта в безрудных известняках гжельского яруса.

Результаты исследований (методом тройных водных вытяжек) состава газожидких включений в скаленоэдрах кальцита пострудной стадии показали, что вакуольные растворы характеризуются высокой (18 %) общей минерализацией, хлоридным (2,18, здесь и далее моль/кг  $H_2O$ ), натриевым (2,58) составом с повышенным содержанием (1,13) уголекислоты. Сера сульфатная, сульфидная и углеводороды присутствуют в небольших количествах (сотые доли моль/кг  $H_2O$ ). В кальцитах были обнаружены включения битумного вещества и установлено, что их формирование происходило в интервале температур — 225—190°C (данные гомогенизации). В целом эти реликтовые среды сходны с хлоридно-натриевыми углеводородсодержащими рассолами платформенных областей.

В карбонатных породах гжельского яруса, в пределах Репьевского месторождения выделяются два типа битумных новообразований: битумы, непосредственно принадлежащие зонам рудной импрегнации, и битумы, представляющие собой более поздние, почти безрудные обособления, развитые как внутри зон рудной импрегнации, так и за их пределами. Такое разграничение несколько условно, поскольку встречаются битумные образования «промежуточного» типа, лока-

лизированные в местах переходов от безрудных битумных обособлений к битумному веществу зон рудной импрегнации. По физическим свойствам и химическому составу среди битумов выделяются асфальтиты, низшие и высшие кериты.

Оптическими наблюдениями было установлено ураноносное битумное вещество с отражением 7—9 % и с содержанием урана в несколько процентов. Выяснилось также, что вместе с ураноносным находится безрудный (или слабоураноносный) битум, имеющий несколько меньшее отражение, который можно принять за обычный керит. Оба битума образуют единые микровыделения черного цвета импрегнационно-метасоматического характера и связаны между собой постепенными переходами. В пределах ореолов урано-битумной импрегнации спорадически встречаются мелкие «комочки» битумного вещества, имеющего отражение почти как у карбонатов (но ниже отражения типичного битума). Судя по микрорадиографиям, к таким «комочкам» битума также приурочены значительные концентрации урана. Это своеобразное («аномальное») битумное вещество не встречается в значительных количествах в рудах типичных урано-битумных месторождений (Адамовское, Бадель, Натра, Чудоновичи и др.).

Углеродистое вещество кальцит-пирит-битумных и битумных обособлений образует прожилки и гнездовидные выделения в карбонатных породах зон рудных импрегнаций или поблизости от них. Оптическими наблюдениями установлено, что в таких обособлениях выделяются две разновидности битумов: близкие к асфальтиту и близкие к кериту. Они либо совместно слагают единые микровыделения, в которых связаны постепенными переходами, либо встречаются в виде самостоятельных образований. Но для обоих случаев характерны одинаковые возрастные взаимоотношения битумов с кальцит-пирит-гипс-целестиновой минеральной ассоциацией, что указывает на их принадлежность к одной пострудной генерации (см. табл.).

Битум, подобный асфальтиту, представляет собой вещество, буровато-черное в тонких сколах и буроватое в порошке. Он имеет стеклянный блеск и раковистый излом. У



него низкая твердость, он легко истирается в порошок. При слабом нагревании не плавится. Имеет плотность 1,05. В ультрафиолетовых лучах люминесцирует с хлороформом, полностью растворим в нем. В проходящем свете не прозрачен и имеет буровато-красный цвет.

Битум, подобный кериту, представляет собой черное углеподобное вещество (черное или буровато-черное в порошке), с блестящим раковистым или неровным изломом. Твердость 2,5—3. Хрупкий, но истирается с трудом. Плотность в зависимости от присутствия урана меняется в пределах 1,15—1,4. В хлороформе растворяется очень слабо. В проходящем свете битум — черный, близкий к высшему кериту (часто ураноносен), или красно-бурый, похожий на низший керит (без урана). В отраженном свете имеет отражение от 5 до 1 %. Во всех разновидностях битумного вещества отсутствуют гуминовые кислоты.

Сходство безрудных и рудных керитов «промежуточного типа» из Репьевского месторождения с типичными ураноносными битумами проявляется прежде всего в характере изменений элементного состава от легких фракций к тяжелым в соответствии с повышением содержания гетероэлементов, в особенности кислорода, как это было установлено В.А.Успенским еще в 1960 г.

Послойные концентрации урана, локализованные вблизи рудоконтролирующих трещинных зон, характеризуются вкрапленно-импрегнационным распространением ураноносных битумов и дисульфидов железа. Уран рассеян в карбонатных породах среди дисульфидов железа и концентрируется внутри небольших макровыделений керита в виде скоплений очень мелких частичек настурана. Во вкрапленниках битума содержания урана в несколько раз выше, чем во вмещающей их породе, импрегнированной пиритом и тонкодисперсным битумным веществом. Однако основные его количества в рудных телах связаны с такими импрегнациями.

По соотношению урана с битумами руды Репьевского месторождения не являются типичными «урано-битумными» [9]. Битумное вещество отлагалось здесь в небольших количествах, главным образом путем импрегнации карбонатных пород. Оно не слу-

жит, как в других урано-битумных месторождениях, своеобразной жильной массой для настурана. Последний мог осаждаться в зонах импрегнации породы. Однако, при этом одновременно происходило и избирательное накопление мельчайших частичек настурана внутри выделений битума, что можно объяснить только активным взаимодействием между исходными углеводородами и соединениями урана.

Таким образом, пластообразные рудные тела Репьевского месторождения имеют преимущественно импрегнационный характер, локализируются в высокопористых, трещиноватых известковисто-доломитовых отложениях гжельского яруса верхнего карбона, перекрытых слабо проницаемой глинисто-алевролитовой пачкой средней юры — они тяготеют к субвертикальным малоамплитудным разрывным нарушениям.

Урановорудная минерализация представлена двумя минеральными ассоциациями: преобладающей урано-битумно-сульфидной и проявленной спорадически урано-битумно-ванадиевой с фосфатами. Основные урановые минералы ассоциаций: настуран, коффинит, нингиоит.

Эти руды отличаются от руд типичных урано-битумных месторождений, прежде всего, количественными соотношениями компонентов. Они содержат относительно небольшие количества битумного вещества, рассеянного в карбонатной породе, которое характеризуется при этом значительно более высокими содержаниями урана и сульфидов. Весьма своеобразен характер изменения вещества рудоносного битума: обращает на себя внимание не повышение степени «метаморфизма» с увеличением содержания урана, а возрастание степени его окисленности (хотя гуминовые кислоты, как правило, отсутствуют). Степень концентрирования урана при этом существенно выше, чем в ураноносных битумах других месторождений. Можно сделать вывод, что накопление урана в окислявшемся битумном веществе связано в основном с процессом его отложения.

Формирование урано-битумно-сульфидного оруденения приурочено к этапу «восстановительных преобразований» карбонатных пород гжельского яруса, выраженному закономерно эволюционирующим



эпигенетическим процессом. По минеральным ассоциациям, последовательности развития от стадии выщелачивания карбонатных отложений к стадии образования рудного парагенезиса, а также по характеру окolorудных изменений Репьевское месторождение сходно с некоторыми гидротермальными низкотемпературными месторождениями урана.

Специфичным для него, по-видимому, является формирование урано-битумно-сульфидного оруденения в условиях взаимодействия восходящих металлоносных термальных водно-газово-углеводородных флюидов с водоносными карбонатными породами гжельского яруса. Данные исследования состава газово-жидких включений в кальците пострудной стадии свидетельствуют об участии в рудогенезе высокоминерализованных термальных вод, сходных с хлоридно-натриевыми углеводородсодержащими рассолами нижних горизонтов осадочного чехла платформенных областей.

Рассматривая закономерности размещения, основные поисковые критерии и признаки урано-битумного оруденения как в региональном, так и в локальном плане можно отметить следующее:

1. Приуроченность урано-битумных месторождений к краевым частям древних платформ, крупных зон битумонакопления, осложненных положительными структурами — валами, брахиантиклиналями, куполами, часто группирующимися в цепочки вдоль зон разломов. Наиболее богатое оруденение тяготеет к склонам локальных положительных структур, высокие концентрации урана связаны с самыми приподнятыми частями склонов. Так, Репьевское месторождение и все известные рудопроявления располагаются в зоне северной ветви Жигулевской системы валов с амплитудой взбросов по фундаменту, достигающей 600 м.

2. Общей особенностью урано-битумных месторождений является мезозойский возраст их формирования: в Средне-Волжском районе урано-битумное оруденение локализуется главным образом в карбонатных породах верхнего мела (гжельский ярус) — нижней перми (ассельский ярус), характеризующихся гетерогенностью разреза, переслаиванием проницаемых и непроницаемых

разностей, принадлежащих морской карбонатной формации. Урано-битумное оруденение локализуется преимущественно в доломитовых разностях, сформированных в условиях шельфа морского бассейна, как правило, располагается в верхних частях разреза, вблизи региональных поверхностей несогласия, являющихся благоприятными путями миграции рудоносных растворов. Значительная продолжительность перерывов в осадконакоплении, когда отложения формации легко подвергались процессам выветривания и карстообразования, выщелачивания — в периоды регионального подъема территории, обусловила формирование высокопористых хорошо проницаемых горизонтов. Ураноносные битумы локализируются в наиболее высокопроницаемых поровых коллекторах, что определило выдержанный линзовидно-пластовый характер рудных тел.

3. Опыт исследований, проведенных на урано-битумных месторождениях мира показывает, что одним из ведущих прогнозно-поисковых критериев является ореол эпигенетических изменений. Выявлены две важные закономерности: структурный контроль в размещении всех типов эпигенетических преобразований и пространственная связь с ними уранового оруденения. Эпигенетические изменения углеводородной линии восстановительного ряда играют важную роль в формировании урано-битумного оруденения и выражены битуминизацией, сульфидизацией, кальцитизацией, окремнением; выщелачиванием кальцита и доломита, а в связи с этим — увеличением пористости пород.

Битуминизация в тесной ассоциации с сульфидами рудовмещающих комплексов наиболее интенсивно развита в присводовых частях и на склонах локальных антиклинальных поднятий в пределах Жигулевского вала (Репьевское месторождение, Зольненское, Сызранское рудопроявления и др.). Основные скопления битумного вещества присутствуют, главным образом, в пористых и кавернозных карбонатных породах непосредственно под региональными мезозойскими отложениями. Широко распространены битумные тела внутри рудовмещающей толщи под локальными покрывками, представ-



ленными малоомощными пачками карбонатно-терригенного состава.

Рассмотренные критерии и признаки урано-битумного оруденения могут служить надежным инструментом в выявлении объектов урано-битумного типа.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винокуров С. Ф., Шумлянский В.А. Рудно-битумная минерализация Днепровско-Донецкого и Волгоградско-Жирновского авлакогенов //Изв. АН СССР. Сер. геол. 1984. № 1. С. 85—95.
2. Гидрогенные месторождения урана: Основы теории образования. — М.: Атомиздат, 1980.
3. Евсеева Л.С., Фомина Н.П., Кочетков В.И., Суражский Д.Я. К вопросу об условиях образования и классификации экзогенных месторождений урана //Вопросы прикладной радиогеологии. — М.: Атомиздат, 1967. С. 326—333.
4. Ермаков И.Д. и др. Геология и минералого-геохимические особенности урано-битумных месторождений в красноцветных толщах //Геология и вопросы генезиса эндогенных урановых месторождений. — М.: Наука, 1968. С. 334—357.
5. Лаверов Н.П., Величкин В.И., Шумилин М.В. Урановые месторождения стран содружества: основные промышленно-генетические типы и их раз-

мещение //Геология рудных месторождений. 1992. № 2. С. 3—16.

6. Лаверов Н.П., Смилкстын А.О., Шумилин М.В. Зарубежные месторождения урана. — М.: Недра, 1983.
7. Оношко И.С., Семенова Л.П., Закалюкин Л.П., Дубинина Л.В. Закономерности размещения и условия локализации урано-битумного оруденения в карбонатных породах //Условия образования месторождений редких и цветных металлов. — М.: Наука, 1982. С. 173—178.
8. Опарышева Л.Г., Шмариович Е.М., Ларкин Э.Д., Щеточкин В.Н. Особенности урановой минерализации, залегающей в породах осадочного чехла и гранитах фундамента //Изв. АН СССР. Сер. геол. 1973. № 7. С. 32—44.
9. Пеньков В.Ф., Успенский В. А. Особенности накопления урана в природных битумных веществах //Распределение радиоактивных элементов и их изотопов в земной коре. — М.: Недра, 1978. С. 59—70.
10. Шмариович Е.М., Лисицин А.К. Проблемы эпигенетического уранового рудообразования в породах осадочного чехла //Условия образования месторождений редких и цветных металлов. — М.: Наука, 1982. С. 7—18.
11. Экзогенные эпигенетические месторождения урана: Условия образования. — М.: Атомиздат, 1965.

Tyuleneva V. M., Pen'kov V. F., Komarova G. V.

## EVALUATION OF PROSPECTS AND CRITERIA OF LOCALIZATION OF URANIUM-BITUMINOUS ORES IN THE SEDIMENTARY COVER OF THE RUSSIAN PLATFORM (MIDDLE POVOLZHIE)

*We consider the regularities of localization, main prospecting criteria and evidences of uranium-bituminous ore mineralization in depositional features of the Middle Povolzhie. Geological-structural setting, mineralogy-geochemical peculiarities, succession of mineral formation in the formation stage of the Ropyovskoye uranium-bitumen-sulfide deposit representing a new variety of epigenetic uranium-bituminiferous deposits are discussed.*



УДК 550.4:553.065:552.54

© А. Б. Халезов, 1996

## ОСНОВНЫЕ ТИПЫ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ, ИХ ГЕНЕЗИС И ПЕРСПЕКТИВЫ

А. Б. ХАЛЕЗОВ (ВИМС Роскомнедра)

*Рассмотрены концентрации урана экзогенного типа в терригенных, карбонатных породах, углях, лигнитах, торфах и фосфоритах. Урановое инфильтрационное оруденение пластово-грунтового типа в палеоруслах, пригодное для отработки способом подземного выщелачивания, и трещинно-инфильтрационное — в карбонатных породах с битумами выдвигаются в качестве наиболее перспективных для прогнозно-поисковых работ.*

В связи с необходимостью создания урановорудной базы России изучение перспектив ураноносности Русской платформы приобрело особую актуальность. Использование существующих знаний по данному вопросу — необходимое условие для успешного решения поставленной задачи.

В течение ряда лет автор изучал месторождения и рудопроявления урана восточной части Русской платформы. Работа проводилась совместно с геологами территориальных геологических организаций Г.С. Осокиным, В.В.Беляковым, Л.К.Столяровой, И.Н.Локтиной, Ф.С.Мударисовым. Общими усилиями был собран большой фактический материал по закономерностям распределения и особенностям локализации уранового оруденения в пределах Волго-Уральской области, и выявлены основные направления прогнозных и поисковых работ.

В пределах региона верхняя часть осадочного чехла платформы до глубины 1500 м в основном сложена геологическими формациями карбона и перми. Известняки карбона на небольших глубинах залегают лишь в отдельных приподнятых блоках. Нижнепермские образования мощностью до 500—1000 м представлены преимущественно карбонатными и в меньшей степени — сульфатными и соленосными формациями. Верхнепермские толщи выходят на поверхность. В восточной части территории это красноцветная континентальная терригенная аридная формация, а в западной — карбонатно-терригенная прибрежно-морская и карбонатная морская формации. Мощность верхнепермских отложений достигает 500 м.

Мезо-кайнозойские морские терригенные отложения развиты преимущественно по краям области. Континентальные отложения неогена отмечаются в переуглубленных долинах современных рек на отметках — 100—200 м.

Основная структура района — Волго-Уральская антеклиз. В ее пределах выделяется ряд сводов. В центре — Татарский свод с Южной и Северной вершинами, разделенными Сарайлинским прогибом, на западе — Токмовский, на востоке — Пермский, Башкирский, Оренбургский, на юге — Пугачевско-Жигулевский своды. Сводовые поднятия разделены отрицательными структурами, из которых наиболее крупные — Верхнекамская, Мелекесская впадины и Серноводско-Абдулинский прогиб.

Структуры I порядка осложнены многочисленными волнообразными локальными поднятиями, прогибами и седловинами II и III порядков.

Дизъюнктивная тектоника в фундаменте и чехле платформы проявлена широко, особенно в краевых частях сводовых поднятий.

В пределах региона наблюдается отчетливая вертикальная гидрохимическая зональность. В верхних горизонтах воды пресные кислородные, гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные с общей минерализацией до 1,0—1,2 г/л с величиной  $E_h + 200$  мВ. В нижних горизонтах общая минерализация вод возрастает до 30 г/л. Воды становятся сероводородными хлоридно-натриевыми,  $E_h$  составляет -115—-220 мВ. Рассольные воды нередко насыщены углеводородами. В местах их разгрузки



происходит смешение сероводородных вод с кислородными.

Волго-Уральская область — крупная нефтегазоносная провинция. Месторождения нефти связаны с отложениями девона, карбона и нижней перми. В регионе широко распространены твердые и полужидкие битумы, сосредоточенные преимущественно в породах карбона и нижней перми. Все типы битумов тяготеют к зонам тектонических разломов и трещиноватости. Происхождение битумов из нефти несомненно. Пространственная связь месторождений нефти и битумов это подтверждает.

На территории Волго-Уральской антеклизы известны мелкомасштабные месторождения и многочисленные рудопроявления урана. Урановые объекты связаны с четырьмя основными типами осадочных образований. По этому признаку они образуют четыре группы (рисунок).

Первая группа приурочена к отложениям речных долин и озер верхнепермской красноцветной континентальной аридной формации. Подавляющая часть рудопроявлений урана этого типа сосредоточена в южной части Верхнекамской впадины, где разрез верхнепермских отложений представлен наиболее полно. В целом он имеет ритмичное строение. В нижних частях ритмов широко развиты речные грубообломочные отложения, в верхних — мелкозернистые красноцветные образования водораздельных пространств и озер. Ритмичное строение толщи обуславливает чередование в разрезе водоносных и водоупорных горизонтов. Красноцветные отложения на многих площадях характеризуются повышенными содержаниями урана, составляющими в среднем  $3 \cdot 10^{-4} \%$ , т.е. близкими к кларку урана в гранитах. Уран, возможно, находится в сорбированной форме на гидроксидах железа, о чем свидетельствует его прямая корреляция ( $K = 0,5$ ;  $n = 31$ ) с  $Fe^{+3}$ . Уран легко выщелачивается, что доказывается геологическими наблюдениями и экспериментально.

Наиболее изученными в районе являются Черепановское и Виноградовское месторождения. Первое из них приурочено к русловым отложениям, второе — к озерным. Систематизация материалов по всем урановым объектам верхнепермской формации

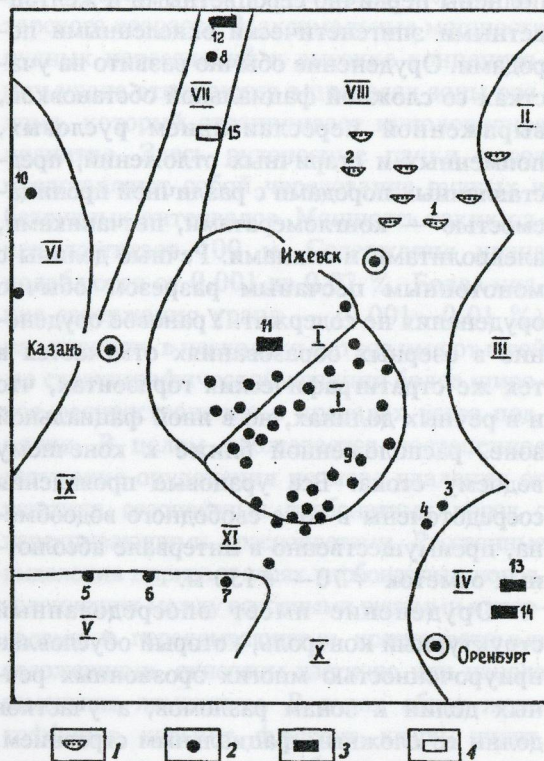


Схема размещения основных типов проявлений урана и структур первого порядка:

примеры проявлений урана по типам вмещающих отложений: 1 — в песчаных и песчано-глинистых породах русловых и озерных фаций, 2 — в карбонатных породах с битумным веществом, 3 — в углях, 4 — в торфах. Месторождения и рудопроявления урана: 1 — Черепановское, 2 — Виноградовское, 3 — Нефтяник, 4 — Вознесенское, 5 — Репьевское, 6 — Сызранское, 7 — Зольное, 8 — Поломское, 9 — Чеканское, 10 — Сухобезводненское, 11 — Голюшерминское, 12 — Гавриловское, 13 — Бабаевское, 14 — Маячное, 15 — Каринское. Структуры первого порядка. Своды: I — Татарский, II — Пермский, III — Башкирский, IV — Оренбургский, V — Пугачевско-Жигулевский, VI — Токмовский, VII — Вятская зона дислокаций; впадины: VIII — Верхнекамская, IX — Мелекесская, X — Бузулукская, XI — Серноводско-Абдулинский прогиб

позволила установить следующие основные особенности их локализации.

Основная масса проявлений урана (70 %) сосредоточена в нижних горизонтах татарского яруса — нижеустинском и сухонском. Ураноносные горизонты совпадают с современными или древними водоносными горизонтами. Русловые отложения выполняют эрозионные врезы речных долин в красноцветные глины и алевролиты. Глубина врезов достигает 50 м. Речные долины вы-



полнены первично сероцветными и желтоцветными эпигенетически окисленными породами. Оруденение обычно развито на участках со сложной фациальной обстановкой, выраженной переслаиванием русловых, пойменных и старичных отложений, представленных породами с различной проницаемостью — конгломератами, песчаниками, алевролитами и глинами. Речные долины с монотонным песчаным разрезом обычно оруденения не содержат. Урановое оруденение в озерных образованиях отмечается в тех же стратиграфических горизонтах, что и в речных долинах, но в иной фациальной зоне, расположенной ближе к конечному водоему стока. Все урановые проявления сосредоточены в зоне свободного водообмена, преимущественно в интервале абсолютных отметок +70—+150 м.

Оруденение имеет опосредованный структурный контроль, который обусловлен приуроченностью многих эрозионных речных долин к зонам разломов, а участков долин со сложным фациальным строением, благоприятным для локализации оруденения, — к склонам конседиментационных поднятий.

Оруденелые породы серого цвета содержат углефицированное органическое вещество и рассеянный пирит. По содержаниям урана выделяются два типа руд — убогие и относительно богатые. Убогое оруденение с содержаниями урана менее 0,01 % охватывает большую часть сероцветных пород. Для него характерно равномерное рассеянное распределение урана. Более богатое оруденение, с содержаниями урана до 1 %, пространственно обычно связано с первым типом и располагается на границе сероцветных пород (глин, алевролитов, песчаников) с эпигенетически окисленными желтоватыми песчаниками. По мере удаления от контакта с окисленными породами содержания урана постепенно снижаются. Рудные тела с содержаниями урана более 0,01 % большей частью имеют форму пластообразных, лентообразных линз мощностью до 3 м при ширине 100—200 м, протяженностью во многие сотни метров.

Урановая минерализация носит вкрапленный тонкодисперсный характер. Основной урановый минерал — коффинит, реже встречается настуран. Они замещают органическое

вещество и образуют микроконкреции с пиритом [2, 3]. Из сопутствующих минералов всегда отмечаются пирит, кальцит, на ряде участков — ильземанит, марказит, халькозин, анальцит. В качестве постоянных спутников установлены Mo (0,005—0,5 %), Sc (10—100 г/т), Ag (1—80 г/т).

Изучение отношений радиогенного свинца и урана, а также равновесий  $U^{234}/U^{238}$ ,  $Jo/U$ ,  $Ra/U$  показало, что формирование уранового оруденения было многостадийным [4]. Выделены две основные стадии, различающиеся способом накопления урана: позднепермская син-диагенетическая, одновременная с накоплением осадков, в результате которой образовалось убогое оруденение, и мезозойская эпигенетическая с формированием относительно богатого оруденения. Перераспределение урана происходит и в настоящее время.

Экзогенное происхождение оруденения не вызывает сомнений. По условиям образования оно является разновидностью классического инфильтрационного оруденения, связанного с фильтрацией подземных кислородных вод пластовой и грунтовой циркуляции [5]. Широкое развитие благоприятных литолого-фациальных и геохимических обстановок в верхнепермской красноцветной формации Предуралья и плохая их изученность на уран позволяют рассчитывать на выявление новых месторождений урана, пригодных для отработки их способом подземного выщелачивания.

Ко второй группе урановых концентраций в регионе относятся проявления урана в карбонатных трещиноватых породах. Вследствие ассоциации урана в них с битумным веществом оруденение этого типа получило название уран-битумного. Это самая многочисленная группа проявлений урана в регионе. Большая их часть приурочена к сводовым поднятиям. Ниже приводится краткое описание некоторых из них.

В области сочленения Татарского и Оренбургского сводовых поднятий, в Хомутовской зоне глубинных разломов, известны рудопоявления Вознесенское и Нефтяник, приуроченные к битуминозным карбонатным отложениям верхнего карбона. Оруденение залегает на глубине 800—1200 м. На Вознесенском рудопоявлении выделяется 23, а на рудопоявлении Нефтяник шесть



интервалов с повышенными содержаниями урана. Суммарная мощность рудных интервалов на первом составляет 32 м при содержаниях урана 0,08 %. Рудовмещающие породы — брекчированный битуминозный известняк. Установлены окислы урана, борнит, галенит, халькозин, халькопирит, урансодержащий флюорит. Из сопутствующих элементов выявлены, %: Cu — 5—10, Mo — 0,3, Ni — 1, As — 1. Рудопроявления не изучались и не оценивались.

В пределах Жигулевско-Пугачевского свода известны Репьевское месторождение и рудопроявления Сызранское, Зольное и др., приуроченные к карбонатным отложениям верхнего карбона-нижней перми. Наиболее детально изучено Репьевское месторождение [1]. Оно располагается в доломитизированных кавернозных известняках под покрывкой среднеюрских глинистых образований, в которые частично проникают урановое оруденение и сопутствующая минерализация. Морфология рудных тел сложная. Совокупности рудных линз слагают роллообразные залежи, вытянутые по падению пластов. Самые мощные из них приурочены к зонам трещиноватости. Содержания урана изменяются от 0,01 до 0,4 % при среднем значении 0,32 %. Уран представлен настураном, коффинитом, нингюитом. Кроме урана в рудах установлены, %: V — 0,009—0,6, Mo — 0,001—0,05, Ni — до 0,05, Zn — до 0,1, As — до 0,15, Se — 0,09. Из сопутствующих минералов присутствуют пирит, марказит, молибденит, кальцит. Урановая минерализация находится в тесной ассоциации с битумным веществом — асфальтитом и керитом. Предполагается, что урановое оруденение формировалось в зоне взаимодействия кислородных инфильтрационных вод с восходящими насыщенными углеводородами рассолами. Глубокой инфильтрации вод способствовала эрозионная неогеновая палеодолина, вскрывшая отложения карбона, следствием чего явилось формирование зоны пластового окисления по трещиноватым породам рудоносного горизонта [1].

На севере Вятских дислокаций известно Поломское рудопроявление, залегающее на глубинах 300—400 м. Оруденение приурочено к трещиноватым брекчированным карбонатным породам казанского яруса, залегающим

под красноцветной терригенной толщей татарского возраста. Максимальные мощности рудных пересечений и высокие концентрации урана отмечаются в пределах зоны разлома, который ограничивает куполовидное поднятие. Здесь рудоносные пачки пород представляют собой чередование рудных и безрудных интервалов. Мощность таких пачек достигает 100 м. Содержания урана колеблются от 0,001 до 0,07 %. Более низкие содержания урана — (0,001—0,01 %) на мощность в несколько метров имеют в той же стратиграфической позиции более широкое распространение в пределах всего поднятия. В целом наблюдается постепенное затухание оруденения по мере удаления от контакта сероцветных карбонатных пород с перекрывающими красноцветами. Рассеянные выделения пирита в слоях карбонатных пород, залегающих между основными рудными интервалами и перекрывающими красноцветными отложениями, окислены частично или нацело замещены лимонитом. В рудах обнаружены коффинит, кальцит, флюорит, кварц, пирит, марказит, гематит, гетит, баритоцелестин, ангидрит и битум-керит. По совокупности данных предполагается, что урановое оруденение сформировалось под красноцветной толщей в результате вертикальной инфильтрации кислородных вод, которая в максимальной степени проявлялась в зонах повышенной трещиноватости.

В пределах Татарского и частично Токмовского сводов установлено около 400 пунктов урановой минерализации в карбонатных породах (Чеканское, Сухобезводненское и др.). Большая часть из них расположена на склонах сводовых поднятий и в пределах структур, осложняющих строение сводов. Именно эти участки характеризуются повышенной дислоцированностью пород, наличием зон разломов и трещиноватости. Урановые проявления не имеют стратиграфического контроля. Они располагаются в отложениях ассельского, сакмарского, артинского и кунгурского ярусов нижней перми, а иногда в верхних горизонтах карбона. Оруденение концентрируется под красноцветной толщей верхней перми, залегающей с разрывом на карбонатных отложениях разного возраста. Урановые скопления сосредоточены в основном на глубине 200—500 м в интервале абсолютных отме-



ток минус 100—200 м. Гипсометрическое положение урановых проявлений совпадает с нижней частью зоны гипергенеза — подземной цементации. Оруденелые породы кавернозны, брекчированы, со стилолитовыми швами; для них характерны выделения сульфидов и смолистого черного битума — керита. Минералы урана — окислы и коффинит. Содержания урана обычно составляют 0,01—0,02 %, в редких случаях достигают 0,6 %. Сопутствующие элементы, %: Cu — до 0,07, Zn — 0,05, Mo — 0,1. В целом оруденение носит гнездовый, точечный характер.

Генезис урановых скоплений Татарского и Токмовского сводов представляется как эпигенетический трещинно-инфильтрационный. Наложение урана в связи с инфильтрацией кислородных вод, по-видимому, связано с предверхнепермским перерывом в накоплении осадков, а также с подъемом сводовых поднятий в последующие геологические эпохи, в том числе в неоген-четвертичное время. В этот отрезок времени проявились неотектонические положительные движения значительной амплитуды, сопровождавшиеся врезанием неогеновых долин, вдоль которых преимущественно и сосредоточено оруденение.

К проявлениям урана в битуминозных карбонатных породах относятся также многочисленные его скопления на Башкирском своде и в Бирской седловине. Их объединяет приуроченность к сакмарскому радиоактивному реперу с региональной сингенетичной зараженностью ураном, на фоне которой отмечаются более высокие его содержания — в пределах тысячных долей процента.

Промышленные перспективы уранового оруденения в карбонатных породах, несмотря на его широкое распространение в регионе, не ясны. С одной стороны, большая часть урановорудных объектов находится на значительной глубине — более 200 м, характеризуется низкими содержаниями урана и прихотливой гнездообразной морфологией оруденения. Оработка таких месторождений горными способами в настоящее время не может быть рентабельной. Метод подземного кислотного выщелачивания (ПВ) урана также не эффективен в связи с большой затратой кислоты на извлечение урана из карбонатных пород. Использование

способа ПВ требует разработки новых технологий, которые не связаны с применением дорогостоящих кислот.

С другой стороны, пример Репьевского месторождения показывает, что выявление промышленных концентраций урана в карбонатных породах с битумным веществом на небольших глубинах возможно. Следовательно, прогнозные и поисковые работы на данный тип оруденения должны быть продолжены, но нацелены на обнаружение масштабного оруденения на небольших глубинах, позволяющих отрабатывать месторождение горным способом с учетом экологических факторов.

Третья группа проявлений урана в регионе связана с угленосными, лигнитоносными формациями и современными торфами. К ней относятся рудопроявления в углях казанского яруса в зоне перехода красноцветных континентальных отложений в сероцветные прибрежно-морские, расположенные на Татарском своде — Голюшеринское и на севере Вятских дислокаций — Гавриловское. В западной части Бельского прогиба в эрозионно-тектонических депрессиях, среди красноцветов верхней перми, выполненных угленосными отложениями миоцена, выявлены Бабаевское, Маячное месторождения и ряд рудопроявлений урана.

В лигнитоносных отложениях плиоцена, залегающих на пермских красноцветных образованиях, известны проявления урана в пределах Татарского, Пугачевско-Жигулевского сводов, Мелекесской впадины и в других районах.

Урановое оруденение в современных торфяниках также распространено достаточно широко. Наиболее изучены из них Каринский и Васькинский торфяники, расположенные в долине р. Вятки, врезанной в континентальные красноцветы пермского возраста.

Все проявления урана, связанные с углями, лигнитами и торфами, характеризуются низкими средними содержаниями металла (0,01 %) и небольшими размерами. Запасы урана на некоторых из них достигают 100—200 т.

Генезис оруденения экзодиагенетический, эпигенетический грунтово-инфильтрационный.



К четвертой группе проявлений урана в Волго-Уральской области относятся повышенные его содержания в фосфоритах и фосфоритоносных породах. Они известны в отложениях перми и мезо-кайнозоя. В частности, на Верхнекамском месторождении фосфоритов мелового возраста, в нижнепермских карбонатных фосфоритоносных породах вдоль западного борта Юрюзано-Сыльвинской депрессии и во многих других районах. Концентрации урана достигают 0,01—0,02 %, но обычно не превышают тысячных долей процента. Глубина залегания 0—200 м и более. Убогое оруденение в породах, содержащих фосфор, имеет площадное распространение, относится к сингенетичным образованиям, промышленного значения не имеет в связи с низкими (0,00п %) содержаниями урана.

В заключение проведенного обзора отметим, что большинство проявлений урана, известных в регионе, по нашему мнению, имеет экзогенное происхождение. Наиболее масштабные из них образованы в результате инфильтрации пластовых, пластово-грунтовых, трещинных кислородных вод, содержащих уран. Источником урана служила верхнепермская красноцветная аридная континентальная формация, распространенная по всему региону и отличающаяся повышенными содержаниями легкоподвижного урана.

Геохимические барьеры, необходимые для осаждения урана из вод, имеют как сингенетичное происхождение (углефицированное органическое вещество, лигниты, торф), так и эпигенетическое, связанное генетически с нефтегазоносностью провинции (битумы, газы, рассолы, насыщенные углеводородами). Закономерности распространения первых определяются палеогеографическими условиями накопления и особенностями литолого-фациального строения осадочных толщ. Локализация вторых подчиняется главным образом структурному фактору — наличию зон разломов повышенной трещиноватости, которые служили каналами для движения восходящих вод, рассолов, углеводородов.

Наличие регионального источника урана, широкое развитие геологических обстановок, благоприятных для локализации оруденения, и неоднократное проявление рудообразующих инфильтрационных процессов

в разные геологические эпохи, главные из которых позднепермская, раннетриасовая и неогеновая, — все это позволяет рассчитывать на выявление промышленных месторождений урана. Необходимо учитывать, что подавляющая часть проявлений урана, в том числе Репьевское месторождение, были выявлены попутно при проведении геологических работ другого назначения территориальными геологическими организациями (Государственный комитет Удмуртской республики по недрам, Г.С.Осокин; Волжское государственное геологическое предприятие, Ф.С.Мудрисов и др.). Специализированные работы производились в ограниченном объеме (Зеленогорское государственное геологическое предприятие, И.Л.Лучинин; Кольцовское государственное геологическое предприятие, В.Ф.Панков). Вследствие этого многие проявления урана оказались не оцененными, а площади, перспективные на выявление месторождений урана, — не опосредованными.

Дальнейшее изучение ураноносности осадочных формаций Волго-Уральской области следует проводить по четырем направлениям, соответствующим главным типам проявлений урана. Первое и второе направления (оруденение в палеоруслах и карбонатных породах с битумами) должны включать прогнозные и поисковые работы, третье и четвертое (оруденение в углях, торфах и фосфоритах) — экологические исследования на разрабатываемых месторождениях с целью выделения блоков с повышенными содержаниями урана. Первой очереди заслуживают прогнозные исследования по выделению площадей для поисков месторождений в отложениях палеорек и озер верхнепермской красноцветной формации, пригодных для отработки способом подземного выщелачивания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев В.И. Основные черты геологии и генезиса урано-битумного месторождения Репьевка // Руды и металлы. 1995. № 3. С. 80—89.
2. Халезов А.Б., Воронкевич Л.В. Экзогенные концентрации урана в палеоруслах // Литология и полезные ископаемые. 1971. № 1. С. 122—129.
3. Халезов А.Б., Авдонин А.С. Коэффициент из красноцветной толщи // Советская геология. 1974. № 3. С. 134—138.
4. Халезов А.Б., Альтгаузен М.Н., Мальшев В.И.,



Ковалева С.А. Многостадийное образование экзогенных концентраций урана в палеоруслах //Геология рудных месторождений. 1975. № 1. С. 105—108.

5. Щеточкин В.Н., Кисляков Я.М. Экзогенно-эпиге-

нетические урановые месторождения Кызылкумов и сопредельных районов //Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35. № 3. С. 122—245.

Khalezov A. B.

#### ESSENTIAL TYPES OF URANIUM ORES IN THE EAST OF THE RUSSIAN PLATFORM, THEIR GENESIS AND PROSPECTS

*We consider here exogenic-type uranium concentrations in terrigene and carbonaceous rocks, coals, lignites, peats and phosphorites. Most promising from forecast and prospecting standpoints would be seam-soil-type infiltration uranium ore mineralization in old channels (available for extraction by underground leaching) and fissure-infiltration-type one in carbonate bituminiferous rocks.*

УДК 553.491:552.5

© Коллектив авторов, 1996

### ДОМАНИКОВЫЕ СЛОИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ ПЛИТЫ И ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РУДОНОСНОСТЬ

А.А. КОНСТАНТИНОВСКИЙ, А.Г. ВОЛЧКОВ, В.Д. КОНКИН, О.Н. ЗАХАРОВА  
(ЦНИГРИ Роскомнедра)

*Проведено сопоставление типов разрезов платформенных фаций Южно-Китайской и Северо-Американской платформ с аналогичными разрезами Русской плиты. Делается вывод о возможности обнаружения комплексных (Мо—Ni с PGE и Au) руд в пределах платформенных фосфатоносных и доманиковых фаций Русской плиты.*

Доманиковые слои принято считать главными нефтематеринскими образованиями. В последние десятилетия все более четко определяется их важное значение и в плане металлоносности. Задачи настоящей публикации состоят в том, чтобы, во-первых, подчеркнуть связь металлоносности с отложениями такого типа, во-вторых, попытаться выделить доманиковые горизонты в разрезах мезозойских отложений чехла Русской плиты в ее центральных районах и обобщить имеющиеся данные по их рудоносности.

Доманиковые слои представляют собой своеобразные отложения глубокого шельфа, накопившиеся в условиях быстрых некомпенсированных погружений. Для них характерны темная до черной окраска, обусловленная высокими содержаниями органиче-

ского вещества, повышенная битуминозность и относительно небольшая мощность — на платформах от первых метров до первых десятков метров. Граница с подстилающими более мелководными отложениями как правило, резкая. Доманиковые слои впервые названы по р. Доманик (Южный Тиман). На Восточно-Европейской платформе они развиты преимущественно в ее восточной части, где имеют верхнедевонский возраст. В этих классических для доманика регионах рассматриваемые отложения представлены чередованием тонкослоистых глинистых и кремнистых пород с подчиненным количеством карбонатных пород и горючих сланцев. В Тимано-Печорском регионе они выстилают обширные палеодепрессии. В районе Второго Баку на Волго-Уральской антеклизе такие породы



развиты в осевых частях грабенообразных Камско-Кинельских прогибов. Для доманиковых отложений характерно отсутствие или незначительная примесь песка и алевроита, что свидетельствует об удаленности источников обломочного материала. Они бедны ископаемой фауной, которая представлена, главным образом, остатками свободно плавающих головоногих моллюсков и планктонных птеропод. Наличие этих органических форм указывает на относительно глубоководную обстановку. Накопление происходило вдали от берегов в застойных иловых впадинах морского дна в восстановительной геохимической среде. Нередко наблюдаются признаки сероводородного загрязнения. В породах содержатся аутигенные сульфиды, образующие тонкую вкрапленность, стяжения и послойные линзы.

Рассматриваемые слои в разрезах чехлов древних платформ встречаются на различных стратиграфических уровнях. На Восточно-Европейской платформе они известны в рифейских авлакогенах, в верхнем кембрии на западном склоне Балтийского щита, в ордовике на северо-западе и, как отмечалось выше, в верхнем девоне на востоке Русской плиты. На Сибирской платформе они встречаются в верхнем рифее (малгинская свита с ее горючими сланцами) и нижнем кембрии (так называемый «сибирский доманик»). Примерно на том же нижнекембрийском уровне доманиковые слои известны на Южно-Китайской платформе. В центральной части Северо-Американской платформы («Мидконтинент») доманиковые слои развиты в среднем палеозое (главным образом нижний карбон).

Данный тип отложений нередко выделяют как доманиковые «фации». Однако, с нашей точки зрения, устойчиво повторяющаяся во времени и пространстве ассоциация углеродистых темно-серых и черных существенно глинистых отложений свидетельствует о том, что ее правильнее выделять в ранге формации в составе сероцветных карбонатно-терригенно-глинистых комплексов, либо субформации в составе полифациальной углеродистой карбонатно-кремнисто-глинистой формации, включающей, наряду с собственно доманиковыми отложениями глубокого шельфа, внешне сходные с ними также обогащенные органическим веществом глинистые отложения

мелководных лагун, опресненных эстуариев и застойных озер.

Природа быстрых некомпенсированных погружений платформенных структур при накоплении доманиковых формаций не вполне ясна. Опускания краевых частей платформ, скорее всего, являются сопряженными с эпохами быстрых погружений в смежных геосинклиналях и поэтому могут быть отнесены к категории резонансных (в понимании Ю.М.Пущаровского). Возрастание скорости погружений подвижных поясов и вовлечение в быстрые, хотя и кратковременные опускания краевых частей платформ, Е.В.Артюшков и М.А.Безр [1] объясняют резким «утяжелением» базальтового слоя земной коры в результате фазового перехода базальта в более плотный эклогит над участками подхода аномально разогретой мантии. То же объяснение предложено указанными авторами и для быстрых некомпенсированных опусканий во впадинах и синеклизах центральных частей платформ. Оно, вероятно, справедливо и для части линейных грабенообразных прогибов типа Камско-Кинельских. Для последних, однако, многими исследователями предложен механизм растяжения рифтогенных структур, объясняющий эпизодические быстрые погружения их осевых частей.

Доманиковые отложения представляют большой интерес в отношении металлоносности. На это указывают установленные в них многочисленные рудопоявления, а в отдельных осадочных бассейнах древних платформ – стратиформные месторождения комплексных руд, содержащих в переменных количествах молибден, никель, золото, серебро, платиноиды, ванадий, свинец, цинк, уран, редкие земли. Таковы месторождения на Южно-Китайской платформе [2, 8, 9], приуроченные к маломощному (до 10 м) маркирующему горизонту черных кремнисто-глинистых сланцев в низах нижнего кембрия (рис. 1). Металлоносными являются послойные линзы и пропластки сульфидов, располагающиеся в нижней части горизонта над тонким (0,1–0,3 м) фосфоритоносным базальным слоем [9]. Сходные по позиции месторождения молибдена и никеля с платиноидами [7] известны в маломощных черных глинистых сланцах и аргиллитах нижнего карбона на Мидконтиненте в



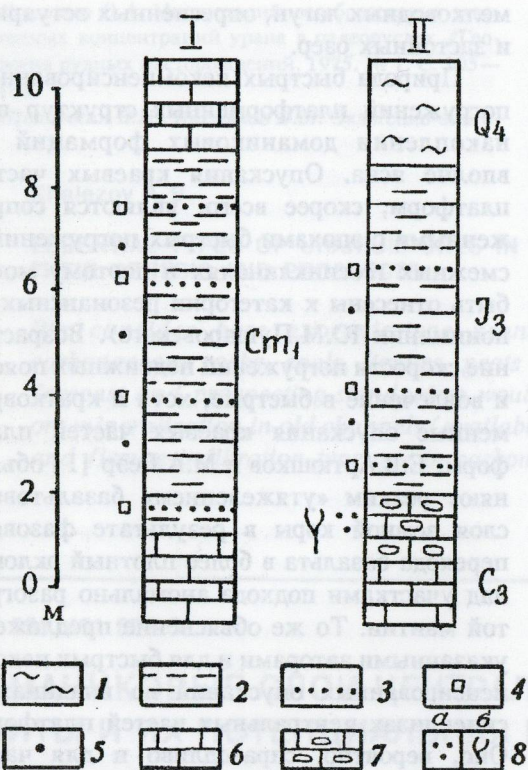


Рис. 1. Доманиковые горизонты Южно-Китайской платформы и Центральной части Московской синеклизы (Подмосковье):

1 — четвертичные отложения: конгломераты, пески, глины; 2 — доманиковые отложения (углеродистые глинисто-кремнистые сланцы и глины; 3 — глауконитовые пески и песчаники; 4 — прослои и конкреции фосфоритов; 5 — сульфидизированные горизонты и конкреции сульфидов; 6 — известняки; 7 — каверны с битумным выполнением; 8 — минерализация в известняках: а — вкрапленность сульфидов; б — прожилки аметистовидного кварца; I — Южно-Китайская платформа; II — Подмосковье

США (рис. 2). К этому же типу относятся богатые месторождения урана в битуминозных квасцовых сланцах верхнего кембрия на западном склоне Балтийского щита в Швеции [2].

Генезис оруденения в доманиковых отложениях дискусионен. Одни исследователи считают его первично седиментогенным [9], другие связывают оруденение с поступлением рудных растворов из глубин, поскольку многие месторождения расположены в платформенных цехлах над погребенными разломами фундамента, нередко ограничивающими авлакогены [2, 8 и др.].

Среди разновозрастных доманиковых слоев, известных на Русской плите, нами в качестве объекта исследования выбраны относительно маломощные горизонты в разрезах морских отложений верхней юры и нижнего мела в экономически освоенных центральных районах — на южном замыкании Московской синеклизы, в Шиловско-Владимирском, Муромско-Ломовском прогибах и в Ульяновско-Саратовской синеклизе. Как доманиковые или близкие к ним по составу и генезису эти горизонты выделяются нами впервые. Имеется, правда, давнее замечание Д.В.Наливкина [3] о большом сходстве битуминозных глин и горючих сланцев нижнего мела в Среднем Поволжье с верхнедевонским домаником востока Русской плиты. Рассматриваемые горизонты сложены темно-серыми и черными жирными глинами часто с мелкой вкрапленностью либо конкрециями пирита, марказита и, по-видимому, других сульфидов. Они представляют собой типичные отложения иловых впадин. Глинам подчинены прослои, линзы и стяжения мергелей и кремнистых пород. Фауна представлена почти исключительно головонгами — аммонитами и белемнитами, что свидетельствует об относительной глубоководности отложений. Из прикрепленных бентосных форм изредка встречаются лишь ауцеллы. Горизонты залегают среди мелководных сероцветных глинисто-алевро-песчаных отложений, заключающих своеобразные так называемые «сокращенные слои», мощностью не более 2—3 м. Последние сложены глауконитовыми песками с желваковыми или пластовыми фосфоритами — осадками мелководного шельфа с гидродинамически активной, со свободным кислородом средой [3].

По литературным данным [5, 3 и др.], нами предварительно выделено 4 стратиграфических горизонта доманиковых отложений: оксфорд-кимериджский, нижне-средневожский, готтерив-нижнебарремский и аптский (рис. 3).

Как видно на рис. 3, в юго-восточном направлении от южного замыкания Московской синеклизы (центральной части Московской области) до Среднего Поволжья происходит закономерное возрастание мощностей верхнеюрских и нижнемеловых отложений и замещение прибрежно-морских и



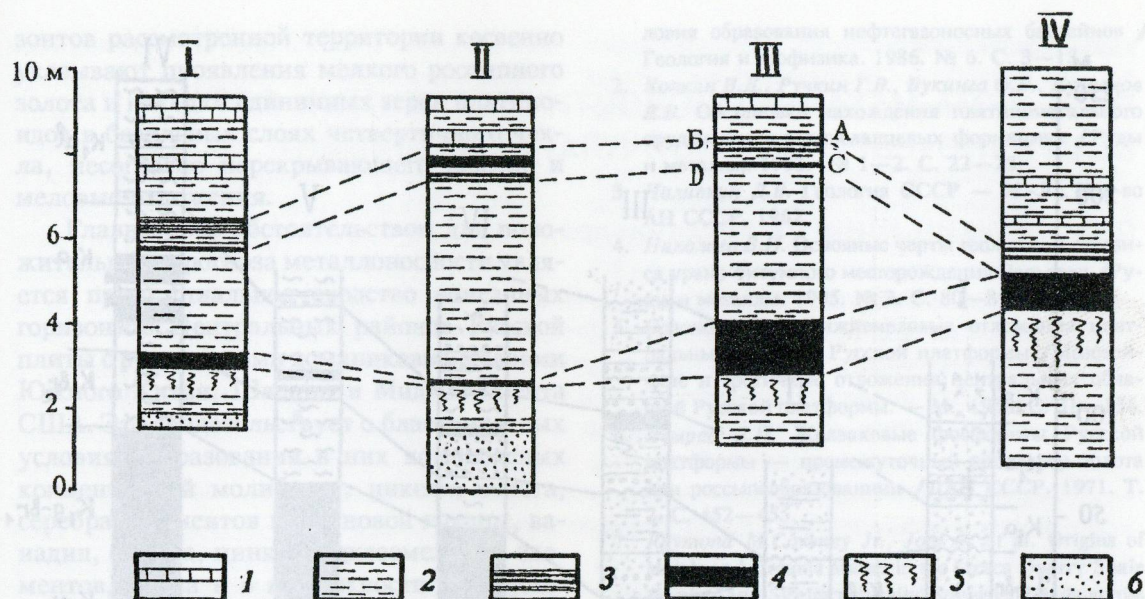


Рис. 2. Корреляция платино-ванадийсодержащих черносланцевых (доманиковых) горизонтов бассейна Мекка-Квори, США (по 7):

1 — фации карбонатных пород; 2 — фации «серых» глин (аргиллиты); 3 — горизонты фосфатсодержащих черных сланцев; 4 — пласт углей; 5 — песчано-глинистые фации; 6 — фации песчаников; районы: I — Канзас, II — Миссури-Оклахома, III — Иллинойс, IV — Индиана

континентальных песчаных фаций на морские алевро-глинистые. В том же направлении заметно возрастают мощности доманиковых горизонтов верхней юры, появляются и достигают значительной мощности (80 м и более) доманиковые горизонты нижнемелового возраста. Важно также отметить изменения фациального состава верхнеюрских доманиковых слоев в зоне их выклинивания в северо-западном направлении в окрестностях г.Москвы. Наряду с морскими (с аммонитами и белемнитами) черными глинами, содержащими пирит и марказит (пласты по 1—3 м), в разрезе появляются частые тонкие (до 0,1—0,2 м) прослои заведомо мелководных [3] глауконитовых песков с пластовыми и желваковыми фосфоритами. В черных глинах с остатками головоногих нередко появляются многочисленные желваки фосфоритов и примесь алевро-песчаного материала, указывающие на обмеление палеобассейна (Егорьевские карьеры, Щелковский карьер и др.) (см. рис. 1).

Металлоносность выделенных четырех горизонтов практически не изучена. Для северо-западной части рассмотренной тер-

ритории (Московская область и смежные районы) имеются лишь разрозненные сведения о повышенной урановой радиоактивности фосфоритовых прослоев и о присутствии в них золота. Это установлено, в частности, в Егорьевских карьерах [6]. На юго-востоке территории, в Среднем Поволжье, открыто урано-битумное месторождение Репьевка, для которого есть косвенные основания связывать его формирование с накоплением углеродистых нефтематеринских глин средней юры. Месторождение и сопровождающие его многочисленные проявления урановой минерализации расположены в зоне Жигулевских дислокаций в Средневолжском ураноносном районе (восточная часть Ульяновско-Саратовской синеклизы) и приурочены к карбонатным породам основания мезозойского комплекса [3]. Уран находится в битумном веществе, тесно связанном с нефтепроявлениями. Битум образует скопления в виде вкрапленности и выполнения трещин, пор и каверн в известняках и доломитах верхнего карбона — нижней перми, концентрируясь, главным образом, под глинистыми горизонтами в



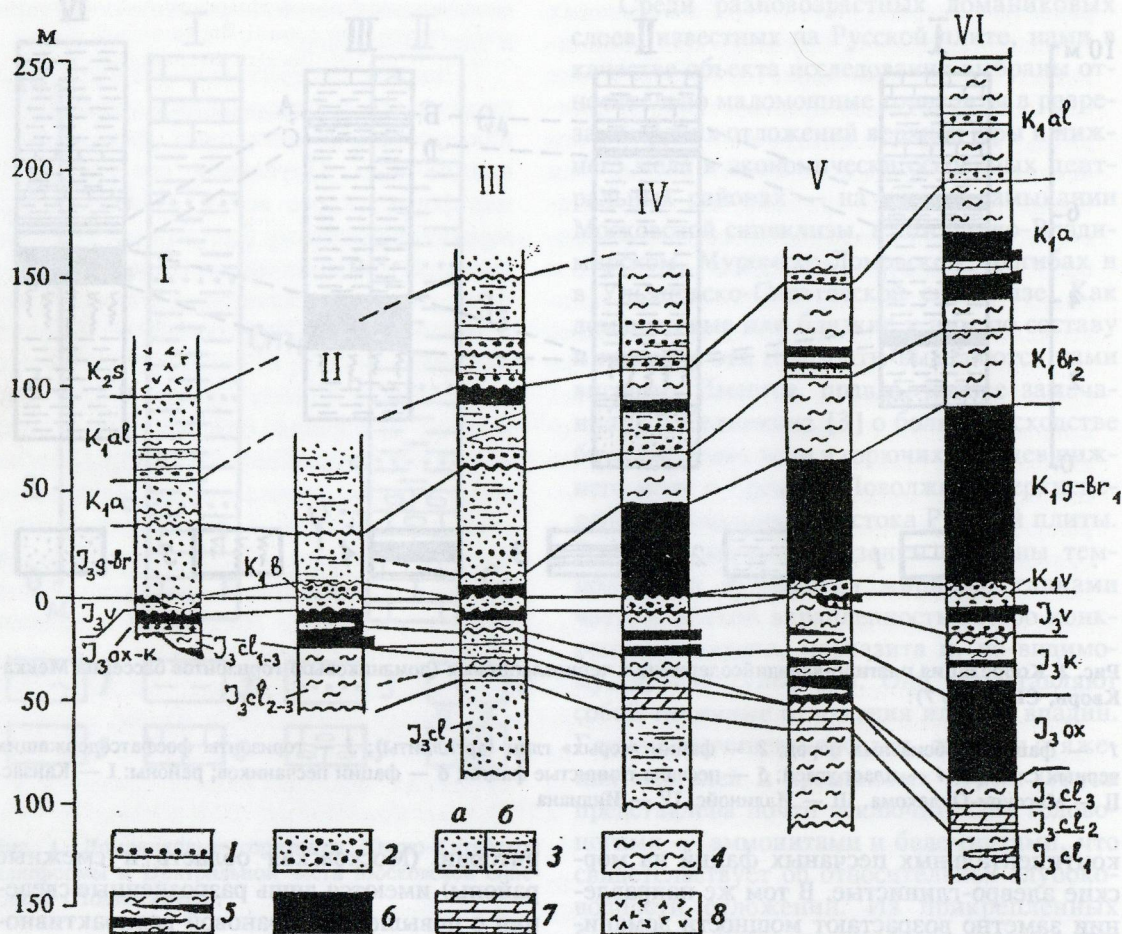


Рис. 3. Доманиковые горизонты в разрезах верхней юры и нижнего мела Центральных районов Русской плиты:

опорные разрезы: I — южное замыкание Московской синеклизы (г. Москва, юг Московской области); II — Шиловско-Владимирский прогиб, восток Рязанской области; III — Муромско-Ломовский прогиб (пос. Просандеево, Заметчино, Торбеево, Нижн. Ломов, низовье р.р. Мокша и Теша); Ульяновско-Саратовская синеклиза: IV — г. Пенза, с.с. Мокшаны, Рангилей, верховье р. Пьяна; V — пос. Пруды, районы верхнего и среднего течения р. Сура; VI — Среднее Поволжье, г.г. Ульяновск, Сызрань; литологическая характеристика: 1 — фосфориты и фосфоритовые «конгломераты», 2 — кварцево-глауконитовые пески и песчаники с фосфоритами («сокращенные слои»), 3 — олигомиктовые и кварцевые пески и песчаники: а — хорошо промытые, б — глинистые, с прослоями алевритов и глин, 4 — глины сероцветные алевритистые и известковые с мергелистыми стяжениями, фосфоритами и сидеритом, 5 — чередование сероцветных и черных глин с прослойками темных песков с пиритом и марказитом, 6 — глины черные «жирные» с сидеритом, пиритом и марказитом, послойно окремненные, с горючими сланцами (выступы в правой части колонок), 7 — мергели сероцветные, 8 — трепелы и опоки; доманиковые горизонты: А — оксфорд-кимериджский, Б — волжский, В — готтерив-нижнебарремский, Г — аптский. Индексы обозначают ярусное расчленение отложений

карбонатных породах. Его скопления часто сопровождаются обильными выделениями вкрапленно-прожилкового пирита. По физическим свойствам и химическому составу среди битумов выделяются асфальтиты, низшие и высшие кериты. В асфальтитах в качестве элементов-примесей содержатся ванадий, никель, титан, железо при низких содержаниях урана. В керитах, особенно

высших, представляющих собой углеподобное вещество бурого, реже черного цвета, содержится более широкий набор элементов-примесей: ванадий, никель, медь, свинец, серебро, мышьяк, хром. Высшие кериты представляют основное ураноносное вещество, в котором содержание урана достигает очень высоких (1,5 %) значений.

На металлоносность доманиковых гори-



зонтов рассмотренной территории косвенно указывают проявления мелкого россыпного золота и находки единичных зерен платиноидов в базальных слоях четвертичного чехла, несогласно перекрывающего юрские и меловые отложения.

Главным же обстоятельством для положительного прогноза металлоносности является принципиальное сходство описанных горизонтов Центральных районов Русской плиты с рудоносными доманиковыми слоями Южного Китая, Швеции и Мидконтинента США. Это свидетельствует о благоприятных условиях образования в них комплексных концентраций молибдена, никеля, золота, серебра, элементов платиновой группы, ванадия, свинца, цинка, редкоземельных элементов, урана и о возможности обнаружения стратиформных месторождений этих металлов.

В связи с этим изучение строения, вещественного состава и рудоносности мезозойских доманиковых горизонтов Центральных районов Русской плиты целесообразно продолжить.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюшков Е.В., Безр М.А. Геодинамические ус-

ловия образования нефтегазоносных бассейнов // Геология и геофизика. 1986. № 6. С. 3—13.

2. Конкин В.Д., Ручкин Г.В., Букинга О.Б., Кузнецов В.В. Обстановки нахождения платинометалльного оруденения в черносланцевых формациях // Руды и металлы. 1993. № 1—2. С. 22—28.
3. Наливкин Д.В. Геология СССР — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962.
4. Николаев В.И. Основные черты геологии и генезиса урано-битумного месторождения Репьевка // Руды и металлы. 1995. № 3. С. 80—89.
5. Сазонова И.Г. Нижнемеловые отложения центральных областей Русской платформы // Мезозойские и третичные отложения центральных областей Русской платформы. — М., 1958. С. 31—136.
6. Ясырев А.П. Желваковые фосфориты Русской платформы — промежуточный коллектор золота при россыпеобразовании // ДАН СССР. 1971. Т. 2. С. 452—455.
7. Raymond M. Coveney Jr., Joel S. et al. Origins of Metals and Organic Matter in the Mecca Quarry Shale Member and Stratigraphically Equivalent Beds across the Midwed // Econ. Geol. 1987. V. 82. P. 915—933.
8. Raymond M. Coveney Jr., Richard I. et al. Metals, Phosphate and Stone Coal in the Proterozoic and Cambrian of China: the Geologic Setting of Precious Metal-bearing Ni—Mo Ore Beds // SEG Newsletter Society of Economic Geologists. 1994. № 18. P. 1—11.
9. Coveney R.M. Jr, Nansheng C. Ni—Mo — PGE—Au-rich Ores in Chinese Black Shales and Speculation on Possible Analogues in the United States // Mineral Deposita. 1991. V. 26. № 2. P. 83—88.

Konstantinovskiy A.A., Volchikov A.G., Konkin V.D., Zakharova O.N.

#### DOMANIK STRATA IN THE CENTRAL PARTS OF THE RUSSIAN PLATE AND POTENTIAL ORE CONTENTS THEREIN

*A comparison is made between the types of platformal facies sections innate to the South Chinese and North American platforms and those inherent in the Russian plate. It is concluded that combined (Mo—Ni + PGE, Au) ores may be expected to be found within platformal phosphate-bearing and domanik facies of the Russian plate.*



УДК 553.63:546.3(470.2)

© П. Ф. Иванкин, 1996

## ПРОБЛЕМА МЕТАЛЛОНОСНОСТИ ГАЛОГЕННЫХ ФОРМАЦИЙ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (ВЕП)

П. Ф. ИВАНКИН (ЦНИГРИ Роскомнедра)

*Обобщены имеющиеся данные по металлоносности галогенных формаций. Показано, что инфильтрация в осадочные толщи солеотлагающих эндогенных рассолов и постсолевых растворов приводит к переотложению многих металлов, включая халькофильные и благородные с образованием нетрадиционных типов оруденения: медного и свинцово-цинкового на восстановительных геохимических барьерах, золотого и золото-платинового в парагенезисах со стронцианитом, желваковыми фосфоритами, землистым флюоритом, калийными и другими солями.*

ВЕП с трех сторон окружена крупными соленосными бассейнами, причем свойственные им наборы специфических пород, выделяемые как «галогенные осадочные формации», на уровне среднего-верхнего палеозоя распространяются в чехол платформы на сотни километров. В ее центре — Московской синеклизе — ангидрит-доломитовые породы с маломощными залежами солей также развиты широко. При удалении от соленосных структур доломит-ангидритовые породы постепенно сменяются нормальными слоистыми известняками и известково-терригенными породами. Аналогичная региональная зональность видна и в размещении надсолевых красноцветных перм-триасовых терригенных пород. Они, например, повсеместно прослеживаются вдоль соленосного Предуральского прогиба, но к западу постепенно утоняются, выклиниваясь на меридиане Горького.

Подавляющее большинство известных в чехле полезных ископаемых, исключая несомненно осадочные их типы, пространственно тесно связаны с галогенными и красноцветными формациями. Подходы к их прогнозированию и поискам прямо зависят от понимания природы этих формаций. До сих пор преобладало убеждение, что галогенные формации — образования осадочные, и потому главными методами металлогенических исследований были литолого-стратиграфические, палеофациальные и палеоклиматические реконструкции. Так, А.В.Пустовалов [2] среди четырех главных групп полезных ископаемых чехла платформы выделял:

1) связанные с древними корами выветривания (железные руды, бокситы, каолины и др.);

2) связанные с областями открытого моря (оолитовые лимонитовые и сидеритовые железные руды, марганцевые карбонатные руды, глаукониты, желваковые фосфориты и др.);

3) связанные с соленосными водоемами (доломиты со стронцием и фтором, гипс-ангидриты, каменные и другие соли);

4) связанные с красноцветными формациями (медистые песчаники, рудопроявления свинца, цинка, ванадия и др.).

Многочисленные попытки систематики сложных комплексов соляных, соленосных и вмещающих их всегда очень сильно вторично преобразованных пород привели к выделению около 40 различных типов «соленосных формаций». При укрупненном их подразделении принято выделять *полноразвитые* (с калийными, сульфатно-магниевыми и содовыми солями) и *неполноразвитые* формации (с преобладающим развитием галитов, гипс-ангидритов, доломитов, известняков). Различия в их минерализации объяснялись разными условиями осадконакопления.

Новые принципиально иные подходы к познанию процессов рудообразования в соленосных бассейнах и сопряженных с ними частях платформенного чехла связаны с коренным пересмотром представления о генезисе ископаемых солей — обоснованием концепции эндогенного флюидно-инъекционного генезиса солей и сопутствующих ре-



гиональных по масштабам проявления процессов метасоматоза осадочных пород. Представления эти получены нами в последние годы при комплексном анализе огромной накопившейся информации по Прикаспийскому, Предуральскому, Днепро-Донецкому и другим соленосным бассейнам.\*. Сущность их состоит в следующем. Соленосные бассейны — это специфически развивавшиеся сегменты мантии и земной коры, где процессы глубинной флюидизации выражались не в магмообразовании и метаморфизме пород, а преимущественно в твердофазной их перекристаллизации и метасоматозе, приводивших к прогрессивному накоплению во флюиде галоидных и сернистых газов, щелочей и других подвижных компонентов. С этим связана специфика вертикальной зональности соленосных бассейнов. В их основании, на уровне верхней мантии и «базальтового слоя» коры, под воздействием высоко восстановленных флюидов преобладали процессы эклогитизации, т.е. «сухого» гранат-пироксенового замещения субстрата, при этом происходило массовое отщепление щелочей. Следствием эклогитизации являлось резкое утонение земной коры вследствие поглощения ее низов мантией, утяжеление и приобретение субстратом жесткости с последующим расчленением его на блоки, а в итоге — унаследованное изостатическое его погружение, что приводило к формированию глубоких прогибов коры и заполнению их карбонатно-терригенными морскими отложениями. Солеобразование в прогибах происходило на этапах орогенной активизации прилегающих складчато-геосинклинальных поясов. Глубоко погруженные осадочные породы в низах прогибов при этом подвергались преимущественно кварц-полевошпатовому, амфибол-графитовому и другим видам замещения в режиме дефицита воды и отщепления щелочей. Выше, по мере нарастающей окисленности гидридных флюидов, эти процессы сменялись гидрослюдазацией, доломитизацией, ан-

гидритизацией, окремнением, шунгитизацией, сульфидизацией, особенно широко развитыми в подсолевых комплексах пород. Это и приводило к дальнейшему обогащению флюидов щелочами и щелочноземельными элементами с преобразованием их в крепкие рассолы, способные отлагать соли. Общая эволюция флюидного потока при его инфильтрации через осадочное заполнение от фундамента бассейна к его верхним частям, т.е. на расстоянии более 10—15 км, осуществлялась по схеме: восстановленные газы ( $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $H_2S$  и др.)  $\rightarrow$  полуокисленные газовой-жидкие смеси с нарастающим количеством  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $SO_4$   $\rightarrow$  солевые водные хлоридно-сульфатные рассолы, насыщенные Na, K, Mg и другими легкорастворимыми элементами.

Инъекционно-метасоматическое отложение солей происходило в терригенно-карбонатных породах обычно под экранирующими существенно глинистыми толщами пермо-триаса. Соли отлагались многостадийно при снижении температур рапы от 300—200 до 100°C и менее и при исходной ее концентрации порядка 40—60 %. В паргенезисе с солями на разных стадиях кристаллизовались амфиболы, скюды, полевые шпаты, доломит, кварц, ангидрит, магнезит, серпентин, хлорит, гидроталькиты, битумоиды, сульфиды и многие другие эндогенные минералы.

Постсолевые растворы, объем которых сопоставим с объемом отложившихся солей, сбрасывались, массово пропитывая экранирующие пермо-триасовые породы и обуславливая их красные и пестрые расцветки. Это было вызвано высокой окисленностью охлажденных постсолевых растворов, окислявших железо до гематитовых его форм.

Морфология и размещение солей, а также сопутствующих метасоматитов в самих бассейнах и вдоль их барьерных границ свидетельствуют о том, что флюидоподводящими каналами служили зоны глубинных разломов. Вдоль глубинных разломов вследствие избыточного флюидного давления возникали гребневидные поднятия и столбообразные диапиры («рифы»), сложенные нацело метасоматически преобразованными и сильно разуплотненными кавернозными породами. От глубинных разломов на опреде-

\* Они изложены в не опубликованной пока монографии П.Ф.Иванкина и Н.И.Назаровой «Глубинная флюидизация земной коры и ее роль при петрорудогенезисе, соле- и нефтеобразовании».



ленных экранированных уровнях флюиды в дислоцированные слоистые толщи инъецировали послойно, замещая солью преимущественно карбонатные породы. В прилежащих частях платформы послойная миграция флюидов в дислоцированном чехле являлась преобладающей. Поэтому метасоматические доломиты, ангидрит-гипсовые породы, а также красноцветы здесь имеют пластовидные формы и большую протяженность, что в прошлом ошибочно принималось за доказательство их осадочного генезиса. Не учитывался при этом и опыт урановой геологии, однозначно доказывающей, что латеральные расстояния пластовой инфильтрации вод в чехлах платформ даже при небольших градиентах давлений могут достигать многих сотен километров. При обычных скоростях инфильтрации вод, порядка миллиметра в сутки, длительность процесса метасоматического замещения пород (например, при образовании ролловых месторождений урана) может варьировать от ста тысяч до первых миллионов лет. Важнейшим фактором рудообразования при этом является не привнос металлов с глубин, а их переотложение в породах при сменах окислительно-восстановительных режимов и концентрированное отложение на определенных геохимических барьерах.

Многоплановая проблема металлоносности галогенных формаций с изложенных выше позиций пока никем не рассматривалась. Ниже мы изложим некоторые отправные идеи для ее разработки.

Региональные связи медной минерализации с красноцветами являются доказательством массовой миграции меди с постсолевыми кислыми растворами, а постоянная приуроченность повышенных концентраций сульфидов меди и железа среди красноцветов к углеродистым породам — доказательством эффективности восстановительных барьеров. Огромная рассредоточенность медных проявлений в Предуралье — следствие такой же рассредоточенности и малости размеров соответствующих геохимических барьеров (древесные и растительные остатки, реликты углеродистых пород и др.). Медные руды установлены в битуминозных карбонатах, аргиллитах, песчаниках, конгломератах в виде гнезд и линз, причем они нередко сопровождаются повышенными со-

держаниями золота, серебра, мышьяка, свинца, цинка. При прогнозировании целесообразно ориентироваться на выявление среди красноцветов и под ними углеродистобитумоидных сланцев и мергелей (доманикитов), которые могут локализовать крупномасштабное оруденение типа медистых сланцев Германии, медистых мергелей Польши и Англии. С красноцветами триаса вдоль северного борта Прикаспия, помимо халькофилов, связаны также проявления фосфоритов и калийных солей.

Железо и марганец при доломитизации и ангидритизации из пород выносятся. Выносятся они в основном и при отложении солей, хотя известны случаи сильного обогащения магнетитом некоторых высокотемпературных галитов. На поздних же стадиях солеобразования, при отложении калиевых и сульфатно-магниевых солей, железо частично выпадает в форме гематитовых дисперсий, с чем связаны красные расцветки сильвинитовых и карналлитовых руд. Постсолевые же рассолы при пластовой инфильтрации продолжают обогащаться железом и марганцем за счет их выщелачивания из пород. Однако, в отличие от упомянутых выше металлов их отложение происходит при глубокой окисленности среды (на стадии гипсообразования), т.е. не на восстановительных, а на окислительных барьерах, скорее всего при смешении рассолов с кислородными подземными и атмосферными водами. С этих позиций целесообразно рассмотреть закономерности размещения бурожелезняковых оолитовых, лимонитовых, сидеритовых марганцево-карбонатных руд в чехле платформ.

Специфично и пока мало изучено поведение в процессах солеобразования свинца, цинка, золота, серебра, ртути и других металлов. В самих каменных солях эти металлы обычно не отлагаются, что свидетельствует о их высокой подвижности в хлоридных рассолах при температурах более 100°C. Но их накопление в таких рассолах доказывают факты существования специфических ореольно-солянокупольных промышленных месторождений, выявленных бурением в Днепровско-Донецкой впадине. Вокруг штоко- и дайковидных тел каменной соли рассолы с температурой до 300°C здесь вызвали сидерит-доломитовое замещение



и березитизацию вмещающих углеродистых карбонатно-терригенных и вулканогенных пород с отложением в них галенит-сфалерит-пиритных руд, а также сопутствующих графита, антраксолита, керита. На ртутном (Славянском) месторождении в интервале температур 300—120°C вокруг соляного штока сформировалась зона метасоматических аргиллизитов, к которым приурочена флюоритовая, серно-колчеданная, свинцово-цинковая, стронциево-бариевая, давсонитовая минерализация, а также залежи киноварно-битумных руд, местами содержащих вязкие и жидкие углеводороды. Как видим, рудообразование из высокотемпературных постсолевых рассолов в обоих случаях сопровождалось их кислотно-щелочной инверсией при значительном снижении температур рассолов и протекало на восстановительных (углеродистых) геохимических барьерах. Очевидно, именно эта совокупность условий с контрастными сменами в апикальных частях соляных штоков и является причиной образования таких нетрадиционных месторождений.

При послойной же инфильтрации рассолов вероятность концентрированного рудоотложения резко снижается, чем, по-видимому, и объясняется рассеянный характер свинцово-цинковой и ртутной минерализации во многих районах метасоматически преобразованного чехла платформы. Благоприятные условия и в этом случае будут определяться сочетанием минерализующих межпластовых потоков и благоприятных восстановительных барьеров, создаваемых горизонтами битуминозных сульфидизированных пород.

Рудопроявления золота в метасоматически измененных породах чехла очень разнообразны и развиты широко. Недавно впервые высокие содержания золота, серебра и платиноидов были установлены также и в некоторых солях. Главные факты таковы.

По данным А.П.Ясырева, Н.В.Бышева, И.А.Трушона (1975) высокие содержания золота в породах чехла выявлены: в желваковых фосфоритах, целестинсодержащих карбонатных породах, битуминизированных доломитах, аргиллитах и алевролитах, в некоторых медьсодержащих красноцветах на перифериях нефтеносных

структур. Тонкодисперсное высокопробное золото в фосфоритах сопровождается повышенными содержаниями в них также титана и циркония. Латеральные смены гипс-ангидритовых пород фосфоритсодержащими толщами, обычная ассоциация фосфоритов с кремнисто-углеродистыми и глауконитовыми породами, нередкое концентрирование в них урана, редких земель, стронция, молибдена и других металлов позволяют предполагать, что золотоносные типы фосфоритов — образования вторичные, связанные с инфильтрационно-метасоматическими процессами. Именно с этих позиций они нуждаются в дальнейших целевых исследованиях.

Обращает на себя внимание также наметившаяся связь золота с целестином (стронцием). Стронциевая минерализация в измененных карбонатных породах чехла платформы развита исключительно широко. Например, в Подмоскowie и Тульской области все территории с развитием ангидрит-доломит-известняковых пород девона повсеместно заражены стронцием. Здесь же распространены мелкие свинцово-цинковые и баритовые проявления. Целестин обычно концентрируется (до 10 %) в сульфатизированных доломитах вдоль контактов доломитов и ангидрит-гипсов. Таким образом, намечается вывод, что отложение целестина (а также барита и других сульфатов) в породах чехла связано с тем этапом послойной инфильтрации флюидов, когда хлоридно-натрие-магниевые растворы сменялись более кислыми существенно сульфатными. Золото отлагалось совместно с целестином в количествах около 0,2 г/т, но на контактах с черными битуминизированными доломитами его отложение многократно усиливалось (до 8 г/т). Поэтому не исключена возможность обнаружения в таких условиях промышленных золото-стронциевых руд.

Не менее важным может оказаться также изучение ореолов флюоритизации в породах чехла. Флюорит, в особенности землистая его разновидность — ратовкит — на платформе распространен широко. Он известен в породах девона, карбона, перми — преимущественно в доломитах, ангидритах, измененных известняках, где он часто сопутствует целестину, бариту, полиметаллам,



сере; в соленосных структурах он тяготеет к калийным солям и кепрокам куполов. В последнее время стали появляться сведения о том, что во флюоритовых месторождениях разных регионов установлено постоянное присутствие в промышленно значимых количествах золота, серебра, а иногда и платиноидов [1]. Поэтому ореолы интенсивной флюоритизации пород чехла платформы несомненно нуждаются в целевом геохимическом изучении и опробовании на благородные металлы.

В самих солях присутствие благородных металлов впервые установлено недавно на примере Верхнекамского калийного месторождения пермскими исследователями А.Ф.Сметанниковым и А.И.Кудряшовым [3]. В эксплуатируемом горизонте «красных сильвинитов» золото, серебро и платиноиды присутствуют в количествах от десятых долей до 4—5 г/т и более каждого металла. Но концентрируются эти металлы не в самих растворимых солях (сильвине и галите), а в нерастворимых их остатках, представленных тонкодисперсными ангидритом, доломитом, кварцем, калишпатом и в очень малых количествах — магнезитом, целестином, хлоритом, гематитом, цирконом и др. Количество же нерастворимых остатков в эксплуатируемых солях варьирует от 2,2 до 22 % и более. Поэтому при отмывке сильвинитовых руд или гидроциклонировании шламов калийных фабрик получают концентраты с весьма высокими промышленными содержаниями благородных металлов. К сожалению, пока полностью отсутствуют сведения о возможной металлоносности солей других типов и регионов.

Но хорошо известно, что в большинстве солей, даже галитовых, ангидрит, доломит и многие другие сопутствующие минералы постоянно присутствуют, составляя в сумме до 10—15 % и более «нерастворимого остатка». Поэтому петрографо-геохимическое изучение солей разных типов с целью выявления их потенциальной металлоносности в свете приведенных фактов становится очень актуальной задачей. Она должна решаться с учетом многостадийности процесса солеобразования, реконструкции типовых моделей зональности солеотложения, с учетом изменения

РТ-параметров и восстановительно-окислительных режимов солеотлагающих рассолов. Есть основания полагать, что наиболее перспективны на благородные металлы, калиевые и магниевые соли и галопелитовые породы верхних частей соленосных колонн (толщ), сформированные в режимах повышенной окисленности среды и потому имеющие буро-красные и пестрые расцветки. Поэтому первоочередными объектами геохимического изучения на эти металлы должны быть зоны сильвинитов, сильвинитокарналлитов, бишофитов, галопелитов, а также заключенные в них пачки и прослои ангидрит-карбонат-глинистых и других углеродистых сланцев — вероятных осадителей металлов.

Все сказанное выше свидетельствует о том, что солеобразующие хлоридные и хлоридно-сульфатные высококонцентрированные рассолы и постсолевые растворы при взаимодействии с вмещающими осадочными и вулканогенно-осадочными толщами приводят к вовлечению в миграцию и переотложению многих элементов, включая халькофильные и благородные металлы. Концентрированное отложение хлоридных и хлоридно-сульфатных солей натрия, калия и щелочноземельных элементов в виде межпластовых и несогласных крупных залежей сопровождается формированием региональных по своим масштабам ореолов разнообразных метасоматических преобразований осадочных толщ. Изучение петрографо-геохимической зональности этих ореолов и условий концентрирования металлов в разных их частях должно лежать в основе подхода к прогнозированию полезных ископаемых, связанных с процессами галогенеза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берман Ю.А. Нетрадиционные ресурсы благородных металлов // РИА Деловой визит. 1995. № 10. С. 14—16.
2. Пустовалов А.В. Главнейшие типы осадочных месторождений свинца и цинка в пестроцветных формациях // Геохимия осадочных пород и руд. — М.: Наука, 1968.
3. Сметанников А.Ф., Кудряшов А.И. О возможности извлечения золота и серебра из руд Верхнекамского месторождения калийных солей // Руды и металлы. 1995. № 5. С. 118—121.



Ivankin P. F.

## THE PROBLEM OF METAL CONTENTS IN HALOGEN FORMATIONS IN THE EAST EUROPEAN PLATFORM (EEP)

*Summarized are available data on presence of metals in halogen formations. It is shown that the infiltration of endogenic brines responsible for salt deposition and post-saline solutions into sedimentary strata results in re-deposition of many metals, including chalcophile and precious ones. This being so, uncommon mineralization types occur, namely: Cu and Pb—Zn — at reduction geochemical barriers, and Au and Au + PGE — in parageneses with strontianite, nodular phosphorites, earthy fluorite, potassic and other salts.*

УДК 553.411'412:551.26

© С. Л. Казаринов, 1996

## ФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ЗОЛОТОРОССЫПНЫМ ОБЪЕКТАМ КАК ОСНОВА ИХ ТИПИЗАЦИИ

С. Л. КАЗАРИНОВ (ЦНИГРИ Роскомнедра)

*Предлагается схема типизации золотороссыпных объектов на единой структурно-геоморфологической основе. В качестве базового элемента системы выделяется золотороссыпная формация (ЗРФ). Таксономический ранг ЗРФ как прогнозно-поискового геологического объекта соответствует золотороссыпному району (ЗРР). Формации объединяются в ряды, характеризующие провинции, и, с другой стороны, подразделяются на подформации, определяющие основные типологические характеристики золотороссыпных узлов (ЗРУ).*

Россыпи занимают значительное место среди месторождений твердых полезных ископаемых, и их конъюнктура по целому ряду причин традиционно достаточно высока. В значительной степени это касается и россыпей золота. Однако истощение недр, в частности, постепенное истощение фонда мелкозалегающих легкодоступных месторождений относительно простого строения, существенно повышает затраты на выявление и промышленное освоение новых перспективных объектов, среди которых преобладают россыпи нетрадиционных и сложных типов. Необходимо максимально оптимизировать методики прогнозирования, поисков и оценки россыпных площадей на разных стадиях геологоразведочного процесса. Это возможно на основе четкой типизации россыпных объектов разного ранга (провинция — район (зона) — узел — поле — россыпь) и разработки геолого-генетических моделей каждого типа таких объектов.

Специфика россыпных месторождений определяется тем, что, являясь чисто экзогенными образованиями, формируемыми на границе и во взаимодействии трех основных геосфер (лито-, гидро- и атмосферы), они вместе с тем нередко весьма тесно связаны с коренными рудными источниками минерального сырья. Таким образом, эффективность их прогнозирования и поисков определяют две основные крупные группы факторов. Первая из них — структурно-металлогенические факторы — определяет рудно-россыпной потенциал перспективной площади. Вторая — экзогенно-динамические (структурно-геоморфологические, неотектонические, седиментационные, климатические и др.) факторы — полностью контролирует степень и качество реализации указанного потенциала. При этом закономерности пространственной локализации и вещественный состав коренных источников



золота объективно независимы от процесса их последующей экзогенной эволюции, а сам процесс гипергенных преобразований рудного вещества в россыпные концентрации может быть весьма длительным, многоэтапным и большей частью значительно, на десятки и сотни миллионов лет, оторванным по времени от эпох рудообразования. Это определяет необходимость рассмотрения россыпных объектов с двух параллельных и взаимно практически независимых позиций и, соответственно, вызывает большие трудности при определении принципов их типизации и моделирования.

К настоящему времени в иерархическом ряду россыпных объектов объемно-вещественными, т.е. геологическими характеристиками обладает лишь самый нижний его член — россыпь или «скопление рыхлого (сцементированного) обломочного материала, содержащего в виде зерен, их обломков или агрегатов те или иные ценные (россыпеобразующие) минералы» [5]. Соответственно, в зависимости от целей и задач исследования эти объекты в достаточной степени систематизированы [6 и др.] либо на основе их генезиса и морфологии (морфогенетические типы), либо производственно-технологических характеристик (промышленные типы) [3]. Объекты же более высокого ранга рассматриваются, большей частью, лишь как разномасштабные группы промышленных россыпей, т.е. как площадные, промышленно-экономические, и, при необходимости, типизируются на общегеологической, структурно-металлогенической или районно-региональной основе.

Вместе с тем, «очевидно, что для каждой стадии (россыпеобразования — С.К.) в зависимости от характера колебательных движений земной поверхности (или относительного тектонического покоя) и физико-географической обстановки (типа литогенеза) характерно большее или меньшее развитие того или иного генетического типа россыпей. А группировка россыпей в месторождения (россыпные поля — С.К.) определяет их главнейшие черты по преобладающей принадлежности к тем или иным фациям. Таким образом, в классификации генетические типы россыпей эквивалентны генетическим типам континентальных отложений, что подчеркивает единство континентального литогенеза и россыпеобразова-

ния» [6]. Н.Г.Патык-Кара [4] завершает это утверждение, отмечая не вызывающий возражений факт, «что в пределах россыпной площади — россыпного поля, россыпного узла, района — мы имеем дело с характерными сочетаниями морфогенетических типов россыпей, среди которых выделяются ведущие, второстепенные и подчиненные элементы. Эти сочетания имеют закономерный характер и предоставляют возможности для типизации россыпных площадей с учетом структурно-геоморфологических условий россыпеобразования.»

Основой многочисленных классификаций рудных объектов, служащих коренными источниками для формирования россыпей, является рудноформационный анализ [1 и др.]. Площади распространения россыпеобразующих золоторудных формаций [6] определяют металлогеническое районирование соответствующих россыпных (рудно-россыпных) площадей. Принадлежность коренных источников к той или иной рудной формации определяет и целый ряд существенных геолого-промышленных характеристик россыпных месторождений (крупность, пробность, морфологию зерен и, соответственно, миграционную способность золота и т.д.). Однако основные геолого-промышленные параметры россыпей как геологических образований экзогенного происхождения определяются прежде всего экзогенно-динамическими условиями их формирования. Соответственно, комплекс россыпей, формируемый в единой структурно-геоморфологической и климатической обстановке, должен рассматриваться в едином парагенезисе с комплексами вмещающих россыпи осадочных образований и коррелятных им форм рельефа и в этом случае может быть определен как россыпная формация. Автором этого понятия, Н.Г.Патык-Кара [4], выделено пять возможных россыпных формаций (РФ), опирающихся на тесную взаимосвязь с геоморфологическими (Н.А.Флоренсов, О.А.Кашменская и др.) и осадочными геологическими формациями (Н.С.Шатский, Н.М.Страхов и др.): растущих гор (РФИ); снижающихся гор (РФИІ); пенеплена (денудационных и денудационно-аккумулятивных равнин) (РФИІІ); компенсированных впадин (РФИV); некомпенсированных впадин (РФИV). Различные соче-



тания россыпных формаций характеризуют типы геоморфологического развития, свойственные главным структурам земной коры, образуя ряды россыпных формаций, соответствующие таксономическому рангу россыпных провинций — геосинклинальный, эпигеосинклинальный, эпиплатформенный и платформенный.

При реализации указанного подхода применительно к золотороссыпным объектам по аналогии с россыпеобразующими золоторудными формациями могут быть выделены золотороссыпные формации (ЗРФ). Таксономический ранг золотороссыпной формации как прогнозно-поискового геологического объекта соответствует золотороссыпному району (ЗРР). При этом известные ЗРР как промышленно-экономические объекты располагаются в пределах поля развития соответствующих ЗРФ и, следовательно, не являются их прямыми аналогами. Золотороссыпные формации определяют лишь тип известных и прогнозируемых золотороссыпных районов в поле своего распространения, т.е. специфический набор россыпелокализирующих обстановок и, соответственно, морфогенетических типов россыпных концентраций и их промышленно-технологических разновидностей. Конкретные же границы известных или потенциальных россыпных районов определяются, главным образом, площадью выхода в зону гипергенеза потенциальных коренных источников россыпей, т.е. прежде всего металлогеническими факторами. Очевидно, что при этом конкретные россыпные районы могут находиться в поле развития нескольких ЗРФ.

Аналогичные соотношения промышленно-экономических и геологических золотороссыпных объектов наблюдаются и на других иерархических уровнях. Соответственно, в ранге золотороссыпной провинции мы наблюдаем определенные ряды россыпных формаций, а в ранге золотороссыпного узла формации распадаются на подформации (табл. 1).

Объединяет таксономический ряд золотороссыпных объектов в единое целое структурно-геоморфологическая обстановка россыпеобразования, которая определяется, главным образом, режимом развития россыпелокализирующих морфоструктур соответствующего ранга. Морфоструктурно-динамический кри-

терий является единственным сквозным, т.е. действенным для всех иерархических уровней, из обширного комплекса прогнозно-поисковых критериев и факторов, определяющих россыпную золотоносность.

Конечно, влияние динамического фактора на россыпеобразование не всеобъемлюще. Существуют генетические группы и отдельные типы россыпных концентраций, формирование которых в значительной степени контролируется климатическими (гляцигенные, эоловые, кор химического выветривания), литологическими (карстовые) или иными факторами. Однако эти группы и типы либо не имеют сколько-нибудь существенной практической значимости (эоловые), либо в не меньшей степени, чем другими факторами, в промышленно значимых концентрациях контролируются режимом развития морфоструктур. Например, эрозионно-карстовые россыпи формируются, главным образом, в режиме слабого, пульсационного поднятия, а россыпи, связанные с корами химического выветривания — преимущественно в условиях тектонической стабилизации и предельного выравнивания и т.д.

Однако единая классификация россыпелокализирующих морфоструктур по режиму развития наталкивается на значительные трудности при их ранжировании. Сложность заключается в их как сквозном, так и независимом соподчинении. Как правило, в пределах морфоструктуры любого типа развития могут быть подчиненные морфоструктуры (более низкого порядка), существенно отличные по режиму развития, например, межгорные и внутригорные впадины в пределах активных орогенических поднятий. Кроме того, весьма значительна в россыпеобразовании роль морфоструктур со сложным пульсационным или инверсионным режимом, а также разнопорядковых зон сочленения морфоструктур разнонаправленного развития (переходных зон разного типа). Вместе с тем, сквозное соподчинение морфоструктур разного ранга в целом является преобладающим.

Таким образом, по типам структурно-геоморфологических обстановок россыпеобразования выделяются шесть золотороссыпных формаций (см. табл. 1).

Выделенные ЗРФ соотносятся с россыпными формациями (РФ), предложен-



1. Схема соподчинения экзогенно-динамических (геологических) типов золотороссыпных объектов разного ранга

Россыпные таксоны		Типы золотороссыпных объектов; структурно-геоморфологическая обстановка их формирования			
Промышленно-экономические;	Геологические				
Провинции	Ряды золотороссыпных формаций	Платформенный; молодые и древние платформенные массивы	Эпиформенный; активизированные платформы, эпиплатформенные и эпиквазиформенные орогены	Эпигеосинклинальный; молодые эпигеосинклинальные орогены	
	Золотороссыпные формации (ЗРФ)	Устойчивых платформ (ЗРФ1); платформенные массивы с эпигеосинклинальными движениями	Возрожденных гор (ЗРФ2); эпиплатформенные сводово-глыбовые поднятия	Наложённых погрудных впадин (ЗРФ3); наложенные инверсионные впадины, эпиплатформенные и эпигеосинклинальные депрессии	Молодых гор (ЗРФ4); складчатоглыбовые эпигеосинклинальные поднятия
----- Переходных зон (ЗРФ5); площади сложного переходного режима развития -----					
Узлы	Золотороссыпные формации (ЗРФ6)	Площадных слабодифференцированных (ЗРФ6/1); мозаично-мелкоблочные морфоструктуры со сложным колебательным режимом развития и с незначительным суммарным индексом неотектонических движений	Площадных контрастных (ЗРФ6/2); мозаично-мелкоблочные морфоструктуры с резкодифференцированным индексом неотектонических движений	Линейных (ЗРФ6/3); линейные сочленения морфоструктур с противоположным индексом неотектонических движений	



# Типы золотороссыпных объектов; структурно-геоморфологическая обстановка их формирования

Россыпные таксоны		Типы золотороссыпных объектов; структурно-геоморфологическая обстановка их формирования						
Промышленно-экономические	Геологические	Снижающиеся горы (ЗРПФ1/1); останцовые низкорослые массивы	Пенепленов (ЗРПФ1/2); денудационные равнины	Платформенных депрессий (ЗРПФ I/3)	Купольных поднятий (ЗРПФ II/1); сводовые купольные пульсационные поднятия	Блоковых поднятий (ЗРПФII/2); блоковые пульсационные поднятия	Сингенетических инверсионных опусканий (ЗРПФIII/1);	Эпигенетических опусканий (ЗРПФ III/2);
Узлы	Золото-россыпные подформации (ЗРПФ)						отрицательные морфоструктуры различного рельефа развития, сингенетические и эпигенетические процессы россыпеобразования	



ными Н.Г.Патык-Кара, следующим образом:

РФІ	— ЗРФІІ,ІV;
РФІІ	— ЗРФІ/1;
РФІІІ	— ЗРФІ/2,3;
РФІV,V	— ЗРФІІІ,V;
—	— ЗРФVІ.

Видимые несоответствия вызваны, прежде всего, спецификой формирования россыпей золота (как и некоторых других полезных минералов, сходных с золотом по механизму россыпных концентраций). По этой причине, например, в россыпной формации растущих гор выделены две золотороссыпные формации — возрожденных гор (ЗРФІІ) для эпиплатформенных морфоструктур и молодых гор (ЗРФІV) для эпигеосинклинальных областей, которые характеризуются различным распределением золотороссыпных концентраций в рельефе, хотя и сходны по условиям осадконакопления. Для ЗРФІІ, кроме того, характерно присутствие древних поверхностей выравнивания и реликтовых россыпей платформенной формации (террасовальных, водораздельных и т.д.).

Россыпные формации снижающихся гор (РФІІ) и пенеппленов (РФІІІ) в отношении золота целесообразно объединять в одну формацию — устойчивых платформ (ЗРФІ) (со стабилизированным, нейтральным режимом развития). Структурно-геоморфологические обстановки снижающихся гор (ЗРФІ/1) и пенепплена (денудационных равнин) (ЗРФІ/2) выделяются в качестве подформаций. В этой же формации для завершения латерального ряда может быть выделена подформация платформенных депрессий (бассейнов аккумуляции, аккумулятивно-денудационных равнин) (ЗРФІ/3). Пример россыпного района в поле развития ЗРФІ приведен на рисунке.

Наиболее существенные отличия касаются впадин. По Н.Г.Патык-Кара, россыпные формации впадин объединяют только проявления и месторождения, принадлежащие к россыпям дальнего переноса. Вместе с тем, в последние годы выявлены значительные перспективы впадин и на россыпи ближнего сноса. В частности, в них открыты крупные месторождения золота и касситерита. А поскольку россыпи ближнего сноса формируются почти исключительно в эрози-

онно-денудационном рельефе, впадины (и связанные с ними автохтонные россыпные формации) целесообразно подразделить на две основные категории — инверсионные, наложенные, пострудные, в которых в погребенном состоянии сохраняется реликтовый продуктивный рельеф, и первичные, дорудные, в пределах которых вскрытия и гипергенной переработки коренных источников россыпей никогда не происходило. Во впадинах первой группы россыпеобразование возможно на различных участках, и погребенные россыпи могут быть выявлены практически на всей площади. Во впадинах второй группы (ЗРФV) россыпи могут быть обнаружены лишь в прибортовых частях, так как их формирование возможно исключительно за счет достаточно активного сноса продуктивного материала из ближайшего горного обрамления.

Золотороссыпная формация переходных зон (ЗРФVІ) не имеет прямого аналога среди исходных россыпных формаций, распределяясь среди них отдельными своими элементами. Выделение ее в качестве самостоятельной целесообразно с двух основных позиций.

Во-первых, россыпные концентрации очень чувствительны и в значительной мере тяготеют к переходным, пограничным режимам неотектонического развития и осадконакопления, а такие режимы характеризуются специфической структурно-геоморфологической обстановкой. Они наблюдаются на значительных площадях в зонах перехода от устойчивых поднятий к депрессиям. Именно в этих зонах чаще всего наблюдаются морфоструктуры с пульсационным и неустойчиво-инверсионным тектоническим режимом, в пределах которых формируются сложные полигенетические месторождения широкого спектра морфологических и промышленных типов, в том числе и совершенно не свойственных морфоструктурам с однонаправленным развитием — россыпей зон тектонических уступов, флювиальных вееров и др.

Во-вторых, выделение переходных зон в качестве самостоятельного типа, в силу их промежуточного характера между морфоструктурами однонаправленного режима, позволяет в целом сохранить единую систему иерархической соподчиненности россыпело-кализирующих морфоструктур, в значитель-



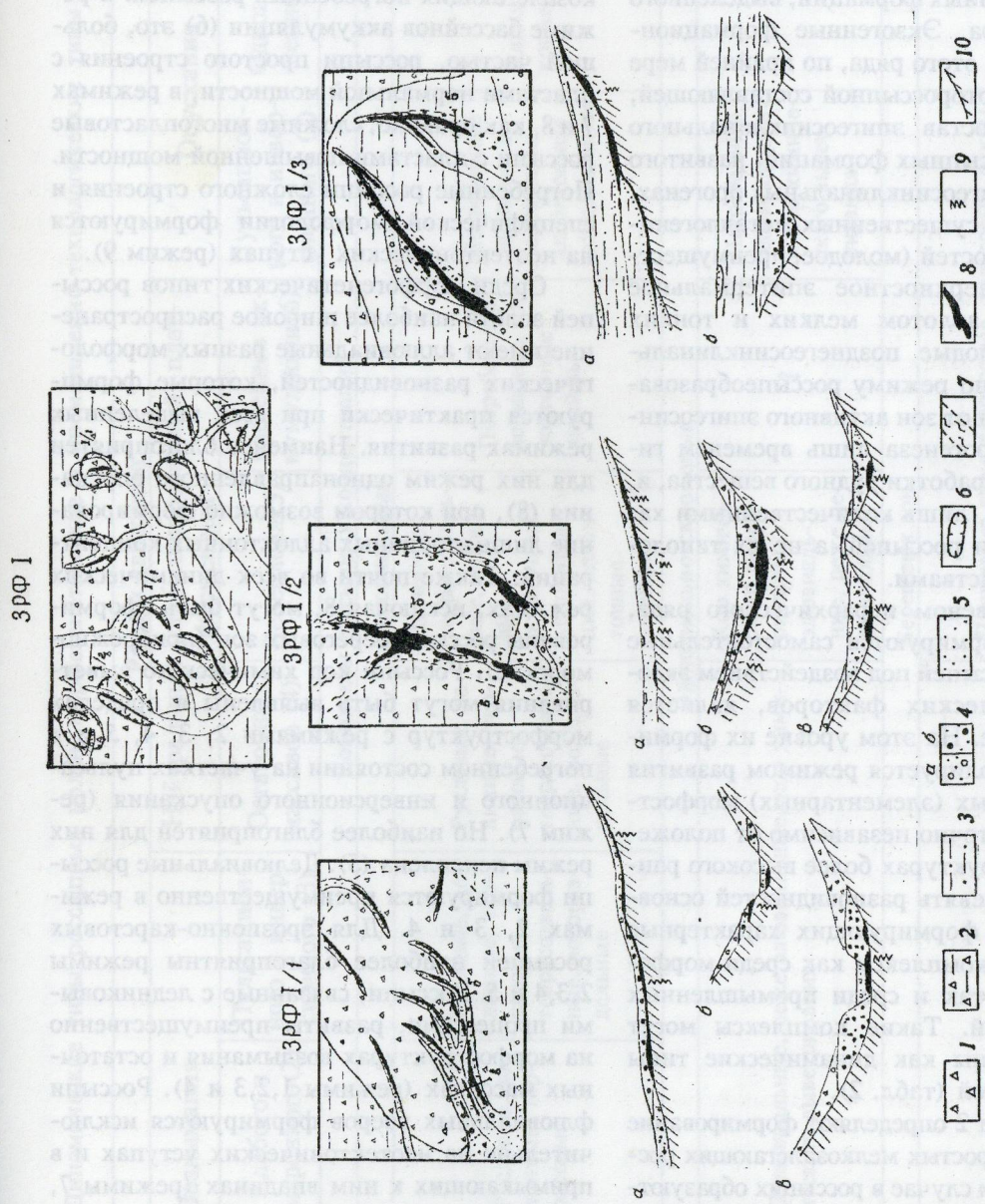


Схема развития золотороссышной формации устойчивых платформ (ЗРФ) и входящих в нее узлов золотороссышных подформаций снижающихся гор (ЗРП/1), пенеплена (ЗРП/2) и платформенных депрессий (ЗРП/3). На разрезах: а — продольные, б, в — поперечные сечения типичных золотороссышных долин:

1 — склоновые отложения; 2 — отложения денудационных равнин; 3 — отложения аккумулятивно-денудационных узлов; 4 — аллювий перестративных фаций; 5 — аллювий констративных фаций; 6 — границы золотороссышных узлов; 7 — коры химического выветривания; 8 — россыпи золота; 9 — коренные источники; 10 — коренные породы (на разрезах)



ной степени сняв вопрос об их независимом соподчинении, по крайней мере до уровня россыпных узлов (или россыпных подформаций).

На уровне формационных рядов отличия между схемами россыпных и золотороссыпных формаций менее значительны. Главное из них — исключение из состава золотороссыпных рядов ряда геосинклинальных россыпных формаций, выделенного Н.Г.Патык-Кара. Экзогенные формационные комплексы этого ряда, по крайней мере в части их золотороссыпной составляющей, включены в состав эпигеосинклинального ряда золотороссыпных формаций, развитого на молодых эпигеосинклинальных орогенах. Обладая рядом существенных металлогенических особенностей (молодое, преимущественно близповерхностное эпитермальное оруденение с золотом мелких и тонких фракций), молодые позднегеосинклинальные поднятия по режиму россыпеобразования отличаются от зон активного эпигеосинклинального орогенеза лишь временем гипергенной переработки рудного вещества, и, соответственно, лишь количественными характеристиками россыпей, а не их типологическими свойствами.

Нижним звеном иерархического ряда, на котором формируются самостоятельные комплексы россыпей под воздействием экзогенно-динамических факторов, является россыпное поле. На этом уровне их формирование контролируется режимом развития низкопорядковых (элементарных) морфоструктур и достаточно независимо от положения в морфоструктурах более высокого ранга. Выделено девять разновидностей основных режимов, формирующих характерные динамические комплексы как среди морфогенетических, так и среди промышленных типов россыпей. Такие комплексы могут быть определены как динамические типы россыпных полей (табл. 2).

Режимы 1 и 2 определяют формирование относительно простых мелкозалегающих россыпей. В первом случае в россыпях образуются преимущественно пласты пониженной мощности, а сами россыпи нередко оторваны от коренных источников на значительное расстояние. В режимах 3, 4 и 5 возникают, главным образом, мелкозалегающие, но иногда и мелкозалегающие россыпи. Аллюви-

альные россыпи в режимах 3 и 4 близки по морфологии и отличаются лишь характером распределения промышленных концентраций в пределах речных долин. Россыпи режима 5 отличаются повышенной изометричностью в плане, неравномерным распределением металла и нередко повышенной крупностью его. Депрессионные режимы (6, 7 и 8) способствуют формированию глубокозалегающих погребенных россыпей. В режиме бассейнов аккумуляции (6) это, большей частью, россыпи простого строения с пластами нормальной мощности, в режимах 7 и 8, как правило, сложные многопластовые россыпи с пластами повышенной мощности. Погребенные россыпи сложного строения и специфической морфологии формируются на неотектонических уступах (режим 9).

Среди морфогенетических типов россыпей золота наиболее широкое распространение имеют аллювиальные разных морфогенетических разновидностей, которые формируются практически при всех выделенных режимах развития. Наименее благоприятен для них режим однонаправленного опускания (8), при котором возможно формирование лишь вторичных аллохтонных концентраций. Также почти во всех динамических режимах, исключая 8, могут быть сформированы россыпи береговых зон (прибрежно-морские). Россыпи кор химического выветривания могут быть выявлены в пределах морфоструктур с режимами 2, 3, 4, 5 и в погребенном состоянии на участках пульсационного и инверсионного опускания (режим 7). Но наиболее благоприятен для них режим пенеппена (5). Делювиальные россыпи формируются преимущественно в режимах 2, 3 и 4. Для эрозионно-карстовых россыпей наиболее благоприятны режимы 2, 3, 4 и 5. Россыпи, связанные с ледниковыми процессами, развиты преимущественно на морфоструктурах воздымания и остаточных массивах (режимы 1, 2, 3 и 4). Россыпи флювиальных вееров формируются исключительно на неотектонических уступах и в примыкающих к ним впадинах (режимы 7, 8 и 9).

Распределение динамических типов россыпных полей в пределах золотороссыпных формаций и подформаций не равномерно. Наиболее широкий спектр различных морфогенетических типов и технологических



2. Динамические типы россыпных полей, морфогенетические и промышленно-технологические типы россыпей

Режим движений						
Воздымания		Нейтральный (стабилизированный) платформенный			Опускания	
Быстрог (1)	Слабого и умеренного (2)	Пульсационного и инверсионного (3)	Остаточных массивов (4)	Пенеплена (5)	Бассейнов аккумуляции (6)	Пульсационного и инверсионного (7)
Переходный						
Неотектонических уступов (9)						
Однонаправленного (8)						
Комплексы россыпных концентраций						
Аллювиальные						
Русловые, ре-же террасовые	Русловые, до-линные, тер-расовые	Русловые, до-линные, тер-расовые, водораз-дельные	Русловые, до-линные, тер-расовые, водораз-дельные	Долинные, террасоваль-ные, ложко-вые, остаточных концентра-ций, аллох-тонные шлейфы	Погребенные долинные, ал-лохтонные шлейфы	Погребенные долинные и террасовые, аллохтонные концентрации
						Долинные, большей час-тью погребен-ные, россыпи тектониче-ских уступов
Эллювиально-склоновые						
?	Делювиальные, ре-же эллювиальные, кор хими-ческого выветривания	Кор хими-ческого вывет-ривания, эллювиаль-ные, ре-же де-лювиальные	?	Погребенные эллювиальные и кор хими-ческого вывет-ривания	?	Делювиаль-ные(?)
Береговых зон						
Террасовые, бенчевые(?)	Пляжесовые, бенчевые, террасовые, дельтовые	Пляжесовые, ре-же террасовые, дельтовые, откры-тые и погребенные	?	Пляжесовые, дельтовые, преимущест-венно погребенные		



Режим движений									
Воздымания			Нейтральный (стабилизированный) платформенный			Опускания		Переходный	
Быстрого (1)	Слабого и умеренного(2)	Пульсационного и инверсионного (3)	Остаточных массивов (4)	Пенеплена(5)	Бассейнов аккумуляции(6)	Пульсационного и инверсионного (7)	Однонаправленного (8)	Неотектонических уступов (9)	
Эрозионно-карстовые									
?			характерны		?	?	—	—	
Гляцигенные									
Аллювиально-флювиогляциальные, флювиогляциальные, аллювиальные в долинах подпора, остаточно-эскарпационные, реже моренные, открытые и погребенные			?		?	Аллювиально-флювиогляциальные аллюотонные концентрации			
Флювиальных вееров									
—	—	—	—	—	—	характерны			
Эоловые (остаточно-дефляционные)									
—	?	?	?	?	?	?	?	?	
Промышленно-технологические типы									
Мелкозалегающие, простые, СКЗ			Глубокозалегающие			Глубоко-реже мелкозалегающие, сложного строения, веерные, ленточные, линзовидные с пластами повышенной и нормальной мощности МТЗ и СКЗ			
лентовидные, реже гнездовые с пластами нормальной и пониженной мощности	лентовидно-струйчатые с пластами нормальной мощности	Мелкозалегающие, простые, лентовидные, веерные с пластами нормальной мощности, СКЗ. Нередко встречаются и иные типы	лентовидно-струйчатые, гнездовые, изометрично-веерные с пластами повышенной и нормальной мощности, СКЗ повышенной крупности	простые, реже сложные, лентовидные, гнездовые с пластами повышенной и нормальной мощности, СКЗ и МТЗ	сложные и простые, лентовидные, веерные, линзовидные с пластами повышенной и нормальной мощности, МТЗ, реже СКЗ	сложного строения линзовидные, реже ленточные, веерные с пластами повышенной и нормальной мощности МТЗ, реже СКЗ	Глубоко-реже мелкозалегающие, сложного строения, веерные, ленточные, линзовидные с пластами повышенной и нормальной мощности МТЗ и МТЗ		

Примечание: СКЗ — среднее-крупное золото; МТЗ — мелкое-тонкое золото.



разновидностей россыпей наблюдается в переходных зонах площадных подформаций, а также в эпиплатформенных инверсионных впадинах, которые по своему положению часто тяготеют к переходным зонам. Эти же формации, наряду с формацией возрожденных гор, имеют и максимальную россыпную продуктивность.

Суммируя изложенное выше, можно представить общую схему типизации золотороссыпных объектов на единой структурно-геоморфологической основе. Нижние элементы иерархической системы — россыпи как геологические тела с определенными генетическими, морфологическими и промышленно-технологическими характеристиками (морфогенетические и промышленные типы россыпей) в определенных сочетаниях объединяются в динамические типы золотороссыпных полей. Поля объединяются в комплексы золотороссыпных подформаций и формаций, в поле развития которых обнаруживаются промышленные золотороссыпные узлы и районы соответствующего типа. Завершают таксономические ряды золотороссыпных формаций, характеризующие собой планетарные (региональные) золотороссыпные области или провинции.

В качестве примера использования предложенной системы классификации может быть приведено широко известное и описанное в литературе [2 и др.] крупное золотороссыпное месторождение Рывеем на Центральной Чукотке. Это очень сложное по строению месторождение состоит из большого количества россыпей разных морфогенетических типов (аллювиальные, прибрежно-морские и др.) и промышленно-технологических разновидностей (погребенные, мелко- и мелкозалегающие, многопластовые, с золотом разных классов крупности и т.д.). Отдельные россыпи в пределах месторождения объединяются в россыпные поля, среди которых могут быть выделены три основных динамических типа — пульсационного и инверсионного опускания (7), неотектонических ступеней (9) и, отчасти, слабого воздымания (2). Это характеризует месторождение как узел в поле развития подформации слабодифференцированных переходных зон (ЗРПФVI/1). Он является частью Пильхинкуль-Рывеемского золотороссыпного района формации переход-

ных зон (ЗРФVI), который, в свою очередь, находится в пределах Чукотской золотороссыпной субпровинции (ряда формаций) эпиплатформенного типа.

Необходимо отметить, что предлагаемая схема типизации золотороссыпных объектов разного ранга не представляет собой законченной классификации. Для ее завершения, по-видимому, необходимо более четко обосновать содержание понятия «россыпная (золотороссыпная) формация», а также максимально полно и обоснованно учесть роль россыпеобразующих рудных формаций в формировании и структурно-вещественном облике россыпных формаций. Последняя задача наиболее сложна, но, очевидно, не является в данном контексте принципиально неразрешимой, с учетом приуроченности металлогенических зон к структурным элементам земной коры, в различной степени проявленным в режиме развития однопорядковых с ними россыпелокализирующих морфоструктур. Общая принципиальная схема сопоставления основных структурно-металлогенических элементов земной коры, определяющих положение в зоне гипергенеза различных типов россыпеобразующих золоторудных формаций, с распределением золотороссыпных формаций и их рядов нуждается в разработке.

Изложенные общие принципы типизации могут, по мнению автора, уже на данном этапе служить основой для построения геолого-генетических моделей и картирования разноранговых золотороссыпных объектов и помочь в решении практических прогнозно-поисковых задач.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов М.М. Провинции благородных металлов. — М.: Недра, 1991.
2. Геологические критерии поисков россыпей / Л.З. Быховский, С.И. Гурвич, Н.Г. Патык-Кара, И.Б. Флеров. — М.: Недра, 1981.
3. Методика разведки россыпей золота и платиноидов. — М.: ЦНИГРИ, 1992.
4. Патык-Кара Н.Г. Россыпные формации и их значение для типизации металлоносных площадей // Литология и полезные ископаемые. 1980. № 2. С. 49—60.
5. Словарь по геологии россыпей. — М.: Недра, 1985.
6. Шило Н.А. Основы учения о россыпях. — М.: Наука, 1981.



Kazarinov S. L.

#### TYPIFICATION OF PLACER GOLD DEPOSITIONAL FEATURES ON THE BASIS OF A FORMATION-BASED APPROACH

*A concept of typification of placer gold depositional features based on a unified structural-geomorphological framework is proposed. Gold placer formation (GPF) is taken as a key element of the typification. The taxonomic rank of a GPF as a forecast-exploration target corresponds to that of a placer gold-bearing district. The formations are, on the one hand, grouped into series characterizing corresponding provinces and, on the other hand, subdivided into subformations determining the essential typological characteristics of placer gold-bearing nodes.*

УДК 553.411:552.54 (47+57)

© Г. П. Волярович, 1996

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА РОССИИ В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ

Г. П. ВОЛЯРОВИЧ (ЦНИГРИ Роскомнедра)

*Проанализированы известные на территории РФ месторождения золота, связанные с карбонатными породами; по минеральному составу руд и форме рудных тел выделено 4 типа месторождений. Проведено их сопоставление с зарубежными аналогами, даны рекомендации по дальнейшему изучению и освоению таких объектов в РФ.*

В России значительная группа месторождений и проявлений золота размещается среди карбонатных пород в различных геологических обстановках. Они находятся в складчатых областях разных геологических эпох — на Урале, в Западной и Восточной Сибири, в Приморье, на Джугджуре, а также на Алданском щите и на окраинах Сибирской платформы. Золотое оруденение встречается среди как крутопадающих, так и пологозалегающих карбонатных свит. Рудные тела этих месторождений имеют разную морфологию — крутопадающие линзы, трубы, пологие залежи, гнезда, крутопадающие жилы. Минеральный состав руд достаточно разнообразен — сульфидные тела, скарны, метасоматические кварциты, карбонатные и кварцево-карбонатные руды, с тем или иным количеством сульфидов. Среди последних преобладает пирит, реже пирротин; присутствует также набор других стандартных сульфидов — халькопирит, борнит, сфалерит, галенит. Из остальных рудных минералов в скарнах распространены шеелит или магнетит.

По совокупности минерального состава руд и форм рудных тел могут быть выделены четыре типа месторождений золота, известных в карбонатных породах на территории Российской Федерации, а именно: сульфидные (пирит-пирротиновые) линзы, трубы, гнезда; карбонатно-сульфидные пластовые тела, линзы, жилы; кварцевые метасоматиты — пластовые тела, линзы; минерализованные скарны — линзы, трубы, гнезда (рис. 1). Содержание золота в них от низкого до среднего, редко высокое. Золото как крупное, так (в большинстве случаев) и тонкое.

На месторождениях глубоко развита зона окисления с образованием железных шляп или аргиллизитов. Часто по рудным телам либо около них наблюдается карст, с которым связаны карстовые россыпи. Однако первоисточник большинства собственно карстовых россыпей обычно остается не установленным.

Все золоторудные месторождения среди карбонатных пород были найдены по россыпям или шламкам с золотом. В некоторых



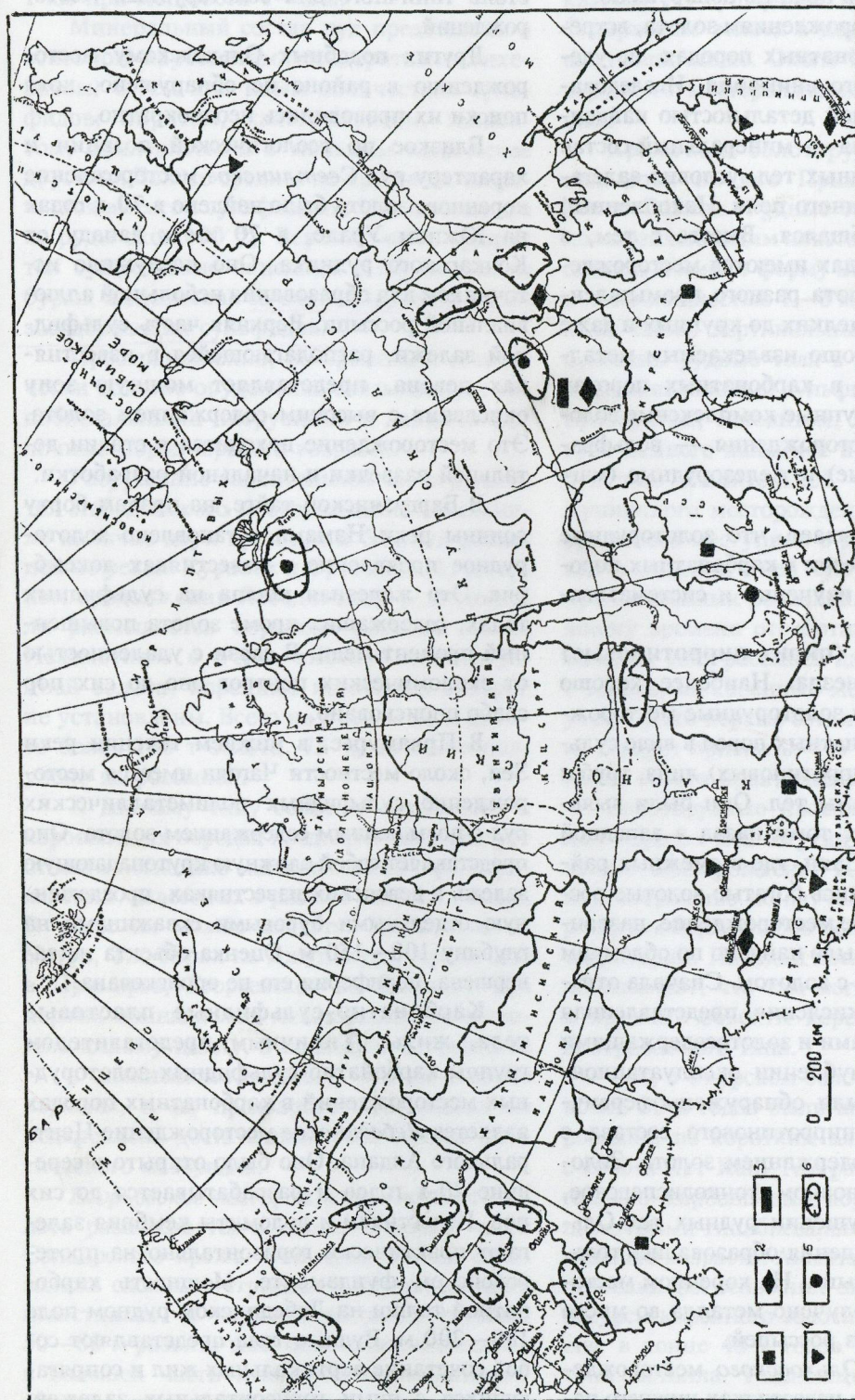


Рис. 1. Месторождения золота России в карбонатных породах:

1 — сульфидные (пирит-пирротинные) линзы, трубы, гнезда; 2 — карбонатно-сульфидные пластообразные тела, линзы, жилы; 3 — кварцевые метасоматитовые пластовые тела, линзы; 4 — скарны линзы, трубы, гнезда; 5 — проявления золотоносности не установленного типа; 6 — площади, рекомендуемые для геологических исследований и поисков



районах распространения шлихов с золотом и россыпей на площадях карбонатных толщ ни месторождений коренного золота, ни коренных источников пока не обнаружено.

В целом, месторождениям золота, встречающимся в карбонатных породах, не уделялось достаточного внимания. Исследовались с той или иной детальностью найденные месторождения — минеральный состав их руд, форма рудных тел, условия залегания, структура рудного поля. Накопленный материал не обобщался. Вместе с тем, в карбонатных породах имеются месторождения коренного золота разного промышленного значения от мелких до крупных и даже уникальных с хорошо извлекаемым металлом. Кроме того, в карбонатных породах известны очень крупные комплексные золотосодержащие месторождения — вольфрамовые (шеелитовые) и железорудные (магнетитовые).

Все это показывает, что золоторудные месторождения России в карбонатных породах заслуживают изучения и систематизации.

Сульфидные (пирит-пирротиновые) линзы, трубы, гнезда. Наиболее хорошо известны в России золоторудные месторождения среди карбонатных пород в виде сульфидных (пирит-пирротиновых) линз, труб и неправильной формы тел. Они были выявлены более 80 лет тому назад в западной части Восточных Саян, где в смежных районах разрабатывались богатые золотые россыпи. Золоторудное месторождение, названное Ольховским, было найдено по обломкам бурых железняков с золотом. Сначала отрабатывалась зона окисления, представленная бурыми железняками и золотосодержащими глинами. При углублении эксплуатационных выработок были обнаружены первичные руды пирит-пирротинового состава с промышленным содержанием золота. Золото в рудах в основном тонкодисперсное, поэтому при разрушении рудных тел Ольховского месторождения образовались только небольшие россыпи. На коренном месторождении было получено металла во много раз больше, чем из россыпей.

Рудные тела Ольховского месторождения размещаются в известняках нижнего палеозоя вдоль тектоно-магматического контакта с интрузией гранодиоритов. Характерно,

что рудоносный флюид содержал серу и железо, образовавшие сульфидную залежь при почти полном отсутствии кремнезема, столь типичного для золоторудных месторождений.

Других подобных Ольховскому месторождению в районе не обнаружено, хотя поиски их проводились неоднократно.

Близкое по геологической позиции и характеру руд Светлинское месторождение коренного золота было найдено в 70-х годах на Южном Урале, в 70 км к западу от Кочкарского рудника. Оно послужило источником для образования небольшой аллювиальной россыпи. Верхняя часть сульфидной залежи, располагающейся в известняках девона, представляет мощную зону окисления с высоким содержанием золота. Это месторождение находится в стадии детальной разведки и начальной разработки.

В Баргузинской тайге, на правом борту долины реки Намама установлено золоторудное проявление в известняках докембрия. Это железная шляпа на сульфидных телах, содержащих кроме золота повышенный процент меди. В связи с удаленностью от экономических центров оно до сих пор слабо опосковано.

В Приамурье, в нижнем течении реки Зеи, около местности Чагойн имеется месторождение сульфидных полиметаллических руд с повышенным содержанием золота. Оно представляет собой сложную крутопадающую залежь в девонских известняках, прослеженную отдельными буровыми скважинами на глубину 100—150 м. Оценка объекта не завершена, периферия его не опоскована.

Карбонатно-сульфидные пластовые тела, жилы. Типичным представителем группы карбонатно-сульфидных золоторудных месторождений в карбонатных породах является Лебединское месторождение Центрального Алдана. Оно было открыто в середине 20-х годов и разрабатывается до сих пор. Известняки и доломиты кембрия залегают практически горизонтально на протерозойском фундаменте. Мощность карбонатной толщи на Лебединском рудном поле 180—200 м. Рудные тела представляют собой сочетание вертикальных жил и сопрягающихся с ними горизонтальных залежей. Наблюдается три—четыре уровня залежей на всем рудном поле. Золотое оруденение



ограничивается карбонатной толщей и в докембрийском фундаменте отсутствует, хотя некоторые рудные жилы имеют длину более 1 км при мощности 1—3 м.

Минеральный состав руд представлен в основном карбонатами (сидеритом и анкеритом) с тем или иным количеством сульфидов: пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и в меньшем количестве другими. Золото среднее до крупного; встречается вместе с сульфидами. Извлечение его из руды около 90 %. Верхние части рудных тел существенно окислены с образованием бурых железняков за счет сидерита и железосодержащих сульфидов.

Пространственно, по времени и генетически золотое оруденение связывается с гипабиссальными интрузиями и дайками щелочных пород юрского возраста.

Разрушение значительной части рудных тел Лебединского месторождения обеспечило наличие двух крупных и богатых россыпей по рекам Куранах и Ортосала. На северном продолжении Лебединского рудного поля размещается короткая россыпь ключа Незаметного с очень высокой концентрацией золота, коренные источники которой не установлены. Всего на рудном поле добыто более 100 т золота, 75 % которого получено из россыпей.

К данному типу золотого оруденения в карбонатных породах предварительно следует отнести несколько месторождений и рудопроявлений, известных в разных районах России. В числе их можно назвать: Улаханское на Учуре, Тас-Юрях на Джугджуре, Криничное в Приморье, Егорьевское на Салаире. Три первых принадлежат мезозойскому металлогеническому циклу, а последнее Егорьевское — к нижнепалеозойскому. Все они плохо изучены, и их предварительная оценка не подкреплена достаточным количеством фактического материала.

Егорьевское месторождение коренного золота располагается в северо-западной части Салаирского кряжа. Оно представляет собой залежь сложного строения в крутопадающих известняках. В верхней части до глубины 50—60 м развита зона окисления, сложенная в большей части глинистой (аргиллитовой) массой, содержащей тонкодисперсное и мелкое золото. Присутствие в окисленных рудах тонкодисперсного золота требует трудоемких

технологических схем при извлечении его из руд. Первичные руды состоят из сульфидов, карбонатов и незначительного количества кварца. Из сульфидов преобладает пирит. Содержание золота в первичных рудах существенно ниже. Около Егорьевского золоторудного месторождения россыпи небольшие.

Криничное золоторудное проявление находится на юге Приморья, в бассейне речки Тинкан. Рудные тела приурочены к пологозалегающим пластам триасовых известняков и имеют форму неправильных гнезд и линз мощностью 1—3 м. Они контролируются также вертикальными нарушениями. Сложены рудные тела в значительной степени окисленными сульфидами — пиритом, сфалеритом, галенитом. В рудах присутствует немного кальцита и кварца. При разрушении значительной части рудных тел Криничного месторождения высвободившееся золото поступило в долину речки Тинкан и смежных с ней ключей с накоплением промышленных россыпей. Россыпи к настоящему времени отработаны. В целом Тинканский узел россыпей дал порядка 50—60 т золота; из коренных месторождений получены всего первые сотни килограмм. Однако следует признать, что Криничное проявление золота практически не опосковано.

Золоторудные проявления в карбонатных породах юга Якутии (Саха), за исключением месторождений Центрального Алдана, совершенно не изучены. Это можно оправдать общей слабой освоенностью данной территории. Находки последних 10—15 лет показывают, что там могут быть выявлены и крупные объекты коренного золота рассматриваемого типа.

Так, в Учурском золотоносном районе в конце 30-х годов были найдены небольшие россыпи, по коротким ключам, стекающим с хребта Кет-Кап. Там развиты пологозалегающие карбонатные породы, прорванные щелочными гипабиссальными телами мезозойского возраста. Анализ геологической обстановки дал основание оценить прогнозные ресурсы коренного золота Учурского района еще в конце 40-х годов в несколько сотен тонн металла. Реализация этого прогноза стала осуществляться только через 40 лет и идет крайне медленно. Пока обнаружено одно Улаханское месторождение, которое в



небольшом объеме разрабатывается и параллельно разведывается.

На 300—350 км восточнее, на южном окончании хребта Джугджур в карбонатной толще нижнего палеозоя встречаются золотосодержащие залежи окисленных руд. Вскрыты они расчистками и канавами, но не оценены полностью даже с поверхности.

**Кварцевые метасоматиты** — пластовые тела, линзы. В северной части Центрального Алданского золотоносного района по шлихам с необычной формой мелких золотинок в ключах, берущих начало с правого водораздела реки Куранах, в конце 40-х годов открыто *Куранахское* месторождение коренного золота. Оно состоит из группы рудных залежей, приуроченных к стратиграфическому контакту юрских слабо диагenezированных кластогенных пород (конгломератов, песчаников, глинистых сланцев) и нижнекембрийских карбонатных пород. Мощность юрских отложений в настоящее время всего несколько десятков метров и первоначально не превышала 200—250 м. Толща кембрия в 700—800 м подстилается протерозойскими гранито-гнейсами и кристаллическими сланцами.

Рудные тела сложены кварцевыми метасоматитами с подчиненным количеством калиевого полевого шпата, замесившими в основном карбонатные породы и в некоторых местах юрские песчаники. Золото заключено непосредственно в метасоматическом кварце. Сульфидов крайне мало, они представлены главным образом пиритом. Золото тонкое, его проба около 800, а среднее содержание невысокое.

Наличие тонкого золота в рудах является неблагоприятным фактором для образования обычных промышленных аллювиальных россыпей. За счет таких руд формируются россыпи тонкого золота, извлечение которого из россыпей технологически сложно.

Общая площадь Куранахского рудного поля — несколько десятков квадратных километров. По своим масштабам месторождение относится к крупным; из него добывается ежегодно по несколько тонн золота.

Других месторождений коренного золота, подобных Куранахскому, на территории Российской Федерации пока не выявлено.

**Скарны** — линзы, трубы, гнезда. Скарновые собственно золоторудные месторож-

дения известны в России еще с конца прошлого века, когда было найдено Калиостровское месторождение в Мартайге, на севере Кузнецкого Алатау.

В настоящее время эксплуатируется только одно небольшое скарновое золоторудное месторождение — Синюхинское. На нем работает рудник Веселый, дающий в год меньше 0,5 т металла. Известно также уже с 50-х годов золоторудное проявление в скарнах на юге Омогонского массива, в бассейне реки Коаргычан. Кроме того, комплексным золото-вольфрамовым крупным объектом является месторождение Восток-II и Лермонтовское в Приморье.

Следует учитывать, что золото в том или ином количестве содержится в целом ряде железорудных, медных и вольфрамовых скарновых месторождений, которые уже много лет разрабатываются, но далеко не на всех из них извлекается золото.

Золотое оруденение в скарновом типе месторождений является наложенным на собственно скарновые образования и характеризуется кварц-карбонатно-сульфидным составом. Образование скарнов происходило в щелочной среде, чем и объясняется наличие в рудах шеелита и магнетита, а не вольфрамит и гематит. Характер флюидов, привнесших золото, остается неясным. Наличие в железорудных скарнах сфалерита мешает выплавке железа из руд при металлургическом процессе. Поэтому при обогащении таких руд сульфиды с золотом сбрасываются в хвосты фабрик, что имеет место, в частности, в Горношорском районе Западной Сибири.

Золото в скарнах преимущественно мелкое; крупных промышленных россыпей за счет скарновых месторождений не образуется, но шлихи из аллювия около скарновых золоторудных месторождений всегда содержат золото.

*Синюхинское* золото-скарновое месторождение располагается на севере Алтайской горной системы. Оно представляет собой группу линз, неправильных тел и небольших гнезд в палеозойских известняках. Скарны, в основном гранатовые, содержат некоторое количество магнетита, что позволяет искать рудные тела методом магнитометрии. Золото входит в сульфидную ассоциацию, наложенную на скарны. Золото



свободное, мелкое, но легко извлекается из руд. Площадь рудного поля около двух десятков квадратных километров. На ней могут быть выявлены новые рудные тела, наиболее крупные из которых заслуживают разведки на глубину.

*Калиостровское* месторождение представляет собой залежь гранатовых скарнов. Верхнюю окисленную часть рудной залежи с промышленным содержанием золота отработал Ольгинский рудник еще в начале столетия. С глубиной содержание золота резко понизилось, и рудник был закрыт. Проведенные геологоразведочные работы положительных результатов не дали.

Золоторудное проявление *Коаргычан* находится в системе правых верхних притоков реки Омолон. Оно состоит из нескольких участков с выходами рудных тел, содержащих золото. Значительных россыпей золота на данной площади не обнаружено, но в шлихах золото встречается. Золото мелкое и среднее. Часть золотосодержащих рудных тел залегает в палеозойских известняках. Руда в них сложена геденбергитовым скарном с небольшим количеством сульфидов — пирита, сфалерита, галенита. Масштабы оруденения не определены.

Месторождения *Восток-II* и *Лермонтовское* разведаны и эксплуатируются как вольфрамовые, содержащие в промышленном количестве золото. Они размещаются в бассейне Татибе, правом притоке реки Бикин в нижнем его течении, и были найдены по шлихам золота и шеелита в аллювии и по обломкам скарновых руд. Месторождения представлены большими крутопадающими линзами скарнов в палеозойских известняках. Содержания вольфрама и золота высокие. Масштабы месторождений значительные.

**Карсты — «ямы».** Во многих золотоносных провинциях России известны россыпные месторождения в известняковых карстах, носящих у старателей название «ямы». Как правило, это продолговатого эллипсоидного сечения углубления в днищах и на террасах речных долин, сложенных карбонатными породами. Глубина таких ям достигает нескольких десятков метров при диаметре от нескольких десятков до первых сотен метров.

Наиболее известные из них: *Христиновская* на Салаире, *Гавриловская* в Кузнецком

Алатау, *Огневская* в Северо-Енисейском районе, *Удере́йская* в верховьях реки Мурорной на юге Енисейского края, *Федоровская* в Дальней Тайге Ленского золотоносного района, *Суундукская* на Южном Урале.

Все они наполнены глинисто-песчано-гравийным золотосодержащим материалом, иногда имеющим косую слоистость. Поэтому на Урале эти россыпи получили название «косые пласты». Кроме золота в шлихах этих отложений обычны гётит и гематит, а также мелкие обломки лимонита. Содержание в них золота в среднем выше, чем в аллювиальных россыпях: в карстах происходит дополнительная концентрация металла вследствие своеобразного процеживания золотосодержащего материала через карстовые воронки. Золото в карстовых россыпях в основном мелкое до тонкого.

Отработка карстовых россыпей эффективна в верхней части, до глубины 25—30 м. Ниже эксплуатацию сдерживает значительный приток воды, откачка которой повышает стоимость добываемого золота за грань рентабельности.

*Христиновская* яма была успешно отработана в начале 20-х годов. Она находится у подножья западного склона Салаирского края. Ее поперечное сечение порядка 50 м. Под этой карстовой россыпью на глубине 20—25 м были обнаружены слабо сульфидизированные метаэффузивы, содержащие до 0,5 г/т золота. Ориентировочно в *Христиновской* яме добыто около 1 т металла.

*Гавриловская* яма расположена в золотоносном районе Мартайги, в северной части Кузнецкого Алатау по долине реки Бериккуль, где имелись долинная и террасовые россыпи. Она образовалась в нижнекембрийских известняках. Ее отработали еще в XIX веке, поэтому глубина ее и плотик не известны.

*Огневая* яма приурочена к террасе реки Огне, бассейна золотоносной реки Енашино на севере Енисейского района. Карст развивался по известнякам верхнего протерозоя. Диаметр *Огневской* ямы около 50 м, глубина отработки 18—20 м. По ориентировочным данным из нее добыто более 2 т золота. Полностью она не выработана из-за большого притока воды.

*Удере́йская* яма находится вблизи водораздела рек Удере́й и Мурожном в Южно-



Енисейском золотоносном районе. Длина ямы более 250 м при ширине 70—80 м. Известная глубина этой карстовой воронки более 50 м. Степень золотоносности ее не установлена.

*Федоровская* яма обнаружена еще в конце прошлого столетия при разведке аллювиальной россыпи реки Малой Валюты на севере Ленского золотоносного района. Вскрытая скважинами ее глубина 35—40 м; поперечное сечение около 100 м. Выполняющие яму рыхлые отложения имеют косую слоистость. Содержания золота колеблются от скважины к скважине от знаков до 5—10 г/м<sup>3</sup>. Кроме золота в шлихах присутствуют магнетит, гематит и хорошо сохранившиеся кубические кристаллы пирита. Характер золотин и зерна неокисленного пирита указывают на местный коренной источник золота данной россыпи.

*Суундукская* яма является одной из наиболее крупных карстовых россыпей на Урале, где имеются более десятка таких россыпных месторождений. Суундукская яма располагается в долине реки Суундук. Она развилась по известнякам девона. Общая длина ее более 0,8 м и ширина в среднем 100 м. Глубина ямы так и не вскрыта; она разведана примерно до 50—70 м. Содержание золота в отложениях, выполняющих карст, промышленное.

В целом практическое значение карстовых россыпей ям зависит от степени концентрации в каждой из них металла и водонасыщенности рыхлых отложений. Последняя в значительной степени определяет рентабельность отработки данного месторождения.

Плотик большинства карстовых россыпей не выявлен. Только для Христиновской ямы Салаира, как указывалось, на дне карстовой россыпи оказались оруденелые метаэффузивы. Можно предполагать, что часть карстовых россыпей являются верхними зонами коренных золотосодержащих тел типа Егорьевского на Салаире или Светлинского на Урале. Исходя из этого, целесообразна переоценка известных карстовых россыпей в целях выявления возможных промышленных золоторудных месторождений в карбонатных толщах.

**Золотоносность не выявленного типа среди карбонатных пород.** Кроме описанных выше золоторудных месторождений в карбо-

натных породах, в ряде мест Восточной Сибири на площадях развития карбонатных толщ установлены проявления золота.

На обширной территории междуречья Оленека, Лены и Анабара, сложенной пологозалегающими нижнепалеозойскими известняками и доломитами, обнаружена золотоносность в виде тонкого золота. Оно не имеет характера кластогенного золота, и источники его не определены.

В верховьях реки Юхты, левого притока реки Алдан в начале 40-х годов на площади развития карбонатных свит кембрия найдены обломки бурого железняка, содержащие золото в концентрациях около 10 г/т. Коренные выходы руд не обнаружены до сих пор. Существует только предположение, что там могут быть выявлены золоторудные месторождения, подобные Лебединскому.

По притокам верховий реки Лены, где распространены кембрийские известняки еще в 30-х годах, при поисках россыпей золота бурением станком Эмпайр были встречены зерна галенита и золотины в сростках с галенитом. Коренные источники этих минералов из шлихов остаются неизвестными.

**Золоторудные месторождения в терригенных толщах с пластами карбонатов.** В терригенных «черносланцевых» толщах, приуроченных к областям миогеосинклинального типа развития, широко распространены коренные месторождения золота, которые представлены жилами, жильными зонами, мощными штокверками с рудами кварцевого, кварцевосульфидного и сульфидного состава. В некоторых золотоносных провинциях среди терригенных толщ встречаются отдельные пласты карбонатных пород, переслаивающиеся с глинистыми сланцами, аргиллитами и алевролитами. Это обусловило формирование коренных месторождений золота в некоторых золотоносных районах среди терригенно-карбонатных свит.

Характерным примером является *Олимпиадинское* месторождение в центре Енисейского края. На этом месторождении, как типично для всех месторождений золота в карбонатных породах, наблюдается зона окисления. В связи с благоприятной геоморфологической обстановкой и соответствующей тектонической подготовкой зона окисления на Олимпиадинском месторождении достигает уникальной глубины 250 м. Зона



окисления представляет собой рыхлую массу, состоящую из кварца, глинистых частиц, а также оксидных минералов сурьмы, мышьяка, свинца и других металлов, в том числе и некоторого количества шеелита. Она имеет сложную форму, подчиняющуюся пластам карбонатных пород. Содержание в ней золота в 2 раза выше, чем в первичных рудах. Размеры золотинок от мелких до тонких. Крупных россыпей около Олимпиадинского месторождения нет, поскольку месторождение слабо эродировано.

**Зарубежные аналоги.** В других странах мира также имеются коренные месторождения золота в карбонатных породах — известняках и доломитах. При этом известны аналоги всех четырех типов месторождений, встречающихся в золотоносных районах России.

По своим масштабам все известные в зарубежных странах золоторудные месторождения в карбонатных породах относятся к мелким, средним и реже крупным. Из них получено от 1—2 до 25—30 т и только из некоторых более 100 т золота. Среднее содержание золота в рудах от 5—7 до 50—70 г/т и даже выше. На них, как правило, развита глубокая зона окисления с повышенным содержанием золота. По возрасту все они относятся к фанерозою, залегают в толщах карбонатных пород от кембрия до неогена, но преимущественно в палеозойских образованиях. Многие из них размещаются в пологозалегающих толщах платформенных чехлов. Преобладающее количество известных месторождений относится к типу кварцевых метасоматитов; более мелкие объекты представлены скарнами.

Наибольшее число таких месторождений известно в золотоносных районах Западных Штатов Северной Америки.

В частности, на знаменитом рудном поле Хомстейк в верхнекембрийских доломитах, а также каменноугольных известняках имеются залежи окварцованных пород с высокими содержаниями золота, давшие, однако, незначительное количество металла. В Британской Колумбии, в Колорадо и в ряде других районов золото добывалось из скарных месторождений, в большинстве случаев они были мелкими, но из месторождения Бисби в штате Аризона добыто 70—80 т золота. Сплошные сульфидные руды с золотом, локализованные в карбонатных по-

родах в форме труб и неправильной формы рудных тел, встречаются в районе Крипл-Крик наряду с другими типами более крупных золоторудных месторождений. На рудном поле Бингхем в штате Юта, где отрабатывается меднопорфировое месторождение, в карбонатных породах находятся золотоносные залежи и секущие жилы, руды которых состоят из кальцита, кварца с тем или иным набором стандартных сульфидов.

В зарубежных странах Евразии золоторудные месторождения в карбонатных породах распространены значительно меньше. Единичные объекты описываются из районов Германии, Франции, а также Филиппин, Кореи и Китая. Однако, следует отметить, что золоторудные месторождения некоторых провинций Китая, где широко распространены карбонатные толщи, слабо освещены в литературе.

В Южной Африке известно крупное рудное поле *Пилгримс-Рест*, на котором добыто около 150 т золота. Рудные тела на нем залегают в доломитах. По своему строению и составу руд оно напоминает Лебединское Центрального Алдана. На территории Южной Америки, в Перу существует месторождение *Серро-де-Паско*, где рудные тела приурочены к контакту известняков с терригенными породами и монцонитами. Рудные залежи имеют кварц-пиритовый, галенитосфалеритовый, а также серебро-пиритовый и серебро-медный составы. Содержание золота в рудах всего 1,5—2,0 г/т. Месторождение считается комплексным. Добыто из него около 20 т золота. Коренные месторождения золота в карбонатных породах на территории Австралии не значатся.

Приведенные примеры показывают, что масштабы месторождений золота в карбонатных породах зарубежных стран соответствуют российским. Большое число таких месторождений в США объясняется благоприятными условиями освоения даже мелких объектов, особенно находящихся вблизи более крупных месторождений других типов.

В США давно эксплуатируется ряд крупных месторождений коренного золота (*Карлин*, *Кортес* и др.), приуроченных к толщам карбонатно-терригенных пород, содержащих углеродистое вещество (рис. 2). Золото в рудах тонкое.

По геологической обстановке и минера-



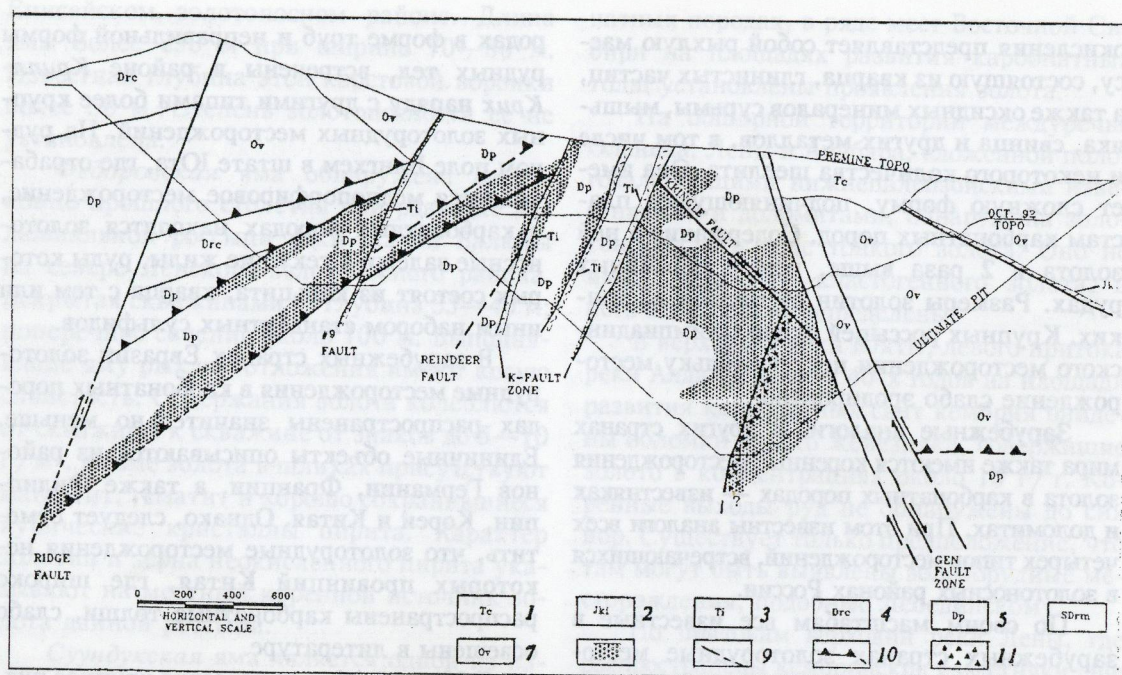


Рис. 2. Структурный контроль золотой минерализации по месторождению Genesis:

1 — формация Карлин; 2 — силлы и дайки мелового возраста; 3 — третичные силлы и дайки; 4 — блок Родо-Крик, аргиллиты, алевролиты, песчаники; 5 — формация Попович, алевролиты, известняки; 6 — формация гор Робертс, алевролиты, песчаники, алевролитистые известняки; 7 — формация Винини, кремнистые алевролиты, аргиллиты, кремнистые метаосадки; 8 — содержания золота в унциях на короткую тонну; 9 — крутопадающие разломы; 10 — надвиги (зубцы — в сторону надвига); 11 — зона брекчий

ло-геохимическим характеристикам руд и околорудных изменений пород в качестве аналога месторождений «карлинского» типа в России рассматривается Тас-Юряхское (Ариавканское) месторождение, расположенное на юге хребта Сетте-Дабан (В.П.Новиков). Несколько лет тому назад на Северном Урале, в Красноуральском районе было разведано Воронцовское золоторудное месторождение, которое также сопоставляется с месторождением Карлин (А.А.Черемисин). Сложнопостроенные рудные тела Воронцовского месторождения приурочены к тектоно-стратиграфическому контакту известняков и вулканогенно-осадочных пород. Это месторождение полихронно, тяготеет к периферии интрузивного массива и сопровождается комплексом разновозрастных даек. Оно представлено скарно-магнетитовыми рудами, арсенопирит-пиритовой и карбонатно-полиметаллической минерализацией. золото-сульфидно-кварцевыми жилами, золото-реальгар-антимонитовой минерализацией и золотоносными аргиллизитами. Вер-

хние горизонты месторождения попадают в зону окисления, и часть промышленных руд переместилась в карстовые полости. Для значительной части месторождения возможна отработка открытым способом.

Таким образом, месторождения коренного золота в карбонатных породах известны во многих золотоносных районах Российской Федерации. Они представлены несколькими морфологическими и минеральными типами. Наиболее характерны пластовые залежи и линзы. Из минеральных типов в нашей стране чаще встречается карбонат-сульфидное оруденение; в зарубежных странах преобладают месторождения с метасоматическим окварцеванием карбонатных пород. На всех месторождениях присутствует зона окисления с повышенным содержанием золота. В большинстве объектов золото тонкое. Среднее содержание золота обычно несколько выше, чем в других типах месторождений. Масштабы месторождений — от мелких до средних, отдельные объекты крупные и даже уникальные.



Сульфидные руды в месторождениях коренного золота среди карбонатных пород имеют переходы к золото-полиметаллическим. Скарновые месторождения золота сближаются, с одной стороны, с шеелитовыми и, с другой, с золотосодержащими железорудными. В зарубежных странах золоторудные месторождения в карбонатных толщах обычно находятся в рудных узлах совместно с месторождениями, размещающимися в других породах. Кроме того, в Западных Штатах США известно уникальное месторождение в углеродсодержащих известняках (Карлин), аналогов которого в России пока не найдено.

В золотоносных провинциях России широко развиты карбонатные толщи фанерозоя и позднего докембрия, что создает благоприятную региональную предпосылку для образования месторождений золота среди карбонатных пород в ряде районов. В то же время целеустремленные поиски таких месторождений не проводились.

Прежде всего следует рассмотреть возможность их обнаружения среди карбонатных толщ по периферии рудных полей известных месторождений золота, а также на площадях известняков и доломитов в пределах рудных узлов, где имеются месторождения коренного золота других типов. Следует охватить геологическими исследованиями и поисками территории, сложенные карбонатными толщами с проявлениями даже слабой коренной и россыпной золотоносности.

Приведенные материалы позволяют наметить основные направления по изучению и обнаружению месторождений золота в карбонатных породах. В число таких территорий входят окраины Русской и Сибирской платформ. На Русской платформе — бассейн сред-

него и нижнего течения реки Онеги, Камовятское междуречье и области Предуралья от реки Чусовой до реки Сакмары. На Сибирской платформе — Оленекское поднятие, хребет Сетта-Дабан, север Алданского щита и междуречье среднего течения Ангара и Подкаменной Тунгуски. В пределах палеозойских складчатых систем следует ре-визовать площади, сложенные известняками и доломитами: Тиман, Северный и Полярный Урал, Алтае-Саянская область, Енисейский кряж и Витимо-Патомское нагорье.

Кроме того, целесообразно геологически изучить и затем разбурить глубокие горизонты отдельных карстовых россыпей (ям) на предмет установления их коренных источников.

Отдельно должна быть поставлена задача уточнения разрезов карбонатных свит по восточной окраине Сибирской платформы, где проявлен мезо-кайнозойский вулканизм, в целях выявления геологической обстановки и новых объектов, подобных рудному полю Карлин.

Проведенный краткий анализ золотого оруденения в карбонатных породах районов Российской Федерации показал возможность открытия на ее территории не только мелких и средних, но и крупных месторождений коренного золота описанных типов. Для успешной реализации сделанных предложений необходима постановка специальных тематических исследований, в результате которых должны быть конкретизированы площади поисков месторождений коренного золота в карбонатных породах по отдельным районам и оценены его прогнозные ресурсы в целом по России.

Volarovich G. P.

#### CARBONATE-HOSTED GOLD DEPOSITS IN RUSSIA

*Reviewed are carbonate-hosted gold deposits known within the territory of the Russian Federation. Four deposit types are distinguished by mineral composition of ores and orebody shapes. A comparison with analogues abroad is made. Some recommendations are given on further studies and development of such entities in Russia.*





## ВОСЬМИДЕСЯТИЛЕТИЕ Д. И. ГОРЖЕВСКОГО

Давид Иосифович Горжевский — доктор геолого-минералогических наук, профессор, почетный академик МАМР. Почетный разведчик недр, лауреат Государственной премии, выдающийся отечественный металлогенист и исследователь рудных месторождений.

Геологический путь Д.И. Горжевского начинался в Киргизии (1940—44 гг.), где он занимался развитием минерально-сырьевой базы стратегически важных полезных ископаемых. В конце 50-х — начале 60-х годов он изучал геологию полиметаллических месторождений в Восточном Забайкалье и на Рудном Алтае, где составление среднемасштабных геологических карт было положено им в основу научного прогноза.

В 1954—63 гг. Давид Иосифович преподавал во Львовском Государственном Университете. Здесь в полной мере раскрылся его талант педагога, умеющего работать с молодежью и воспитавшего не одно поколение геологов. В то же время он продолжал работать в Забайкалье и систематизировал накопленный материал по Рудному Алтаю, в результате чего им была защищена докторская диссертация «Геология и металлогения Рудного Алтая».

Длительный этап творческой жизни Давида Иосифовича связан с ЦНИГРИ, где он работает с 1963 г. вначале старшим научным сотрудником, затем заведующим лабораторией, а с 1973 по 1982 гг. — заведующим отделом свинца и цинка. В ЦНИГРИ Давид Иосифович получил возможность проявить свой научно-организаторский талант. Он возглавил важные прогнозно-металлогенические работы, которые выполнялись крупными коллективами научно-исследовательских и производственных организаций на Рудном Алтае, Большом и Малом Кавказе, Центральном Казахстане, Южном и Западном Узбекистане, Прибайкалье.

Проведенные под его руководством прогнозно-металлогенические работы на Рудном Алтае (1971—78 и 1982—87 гг.) составили новый крупный этап в изучении этой важной провинции и легли в основу коренной переоценки региона, что привело к открытию целого ряда месторождений и укреплению сырьевой базы крупных полиметаллических комбинатов: Лениногорского, Зырянского, Золотушинского. За эту работу Д.И. Горжевский удостоен Государственной премии СССР. Многие годы он являлся куратором Мингео СССР по свинцу и цинку.

Последние 10 лет Давид Иосифович работает над проблемой парагенезиса металлов и нефти в осадочных бассейнах, результаты его исследований опубликованы в одноименной монографии.

Д.И. Горжевский является автором 13 книг и более 300 научных статей. В опубликованных им работах, широко известных как в России, так и за рубежом, рассматриваются взаимоотношения геологических и рудных формаций месторождений цветных и благородных металлов, металлогенические типы рудных провинций, закономерности размещения и методы поисков рудных месторождений, методы составления прогнозных карт и др.

Давид Иосифович всегда щедро делился своими знаниями с молодыми сотрудниками и помогал их научному росту. Среди его многочисленных учеников 15 кандидатов и 4 доктора геолого-минералогических наук.

Плодотворная многолетняя деятельность Давида Иосифовича отмечена орденами и медалями.

Давид Иосифович — прекрасный интеллигентный человек, очень доброжелательно относящийся к людям. Он обладает удивительно оптимистичным восприятием жизни, что помогает ему преодолевать многочисленные трудности. Он — человек широких интересов: литература, путешествия, общение с друзьями — вот лишь часть его увлечений. Его ученикам и коллегам всегда легко с ним работать, они все его глубоко уважают и любят.

Поздравляя Давида Иосифовича со славным юбилеем, желаем ему самого доброго в дальнейшей жизни: крепкого здоровья, благополучия в семье и долгой плодотворной деятельности на благо отечественной геологической науки.





## ЮБИЛЕЙ Л.А.НИКОЛАЕВОЙ

Лидия Александровна Николаева, ведущий научный сотрудник ЦНИГРИ, доктор геолого-минералогических наук, почетный разведчик недр, вписала своей деятельностью «золотую» страницу в историю исследования этого благородного металла.

Выпускница МГРИ, Лидия Александровна пришла в ЦНИГРИ 46 лет назад. Ее первая самостоятельная работа связана с Ленским золотоносным районом, где через ее руки исследователя прошли сотни килограммов золота. Эти работы на всю жизнь определили научные интересы юбиляра. Лидией Александровной изучено самородное золото ведущих золотоносных провинций России, СНГ и многих зарубежных стран.

Ею разработаны научно-методические основы нового научного направления по применению индикаторных признаков самородного золота для решения разнообразных задач металлогении. Впервые геологическая интерпретация результатов изучения золота использовалась при выявлении генезиса рудных и россыпных месторождений, их формационной принадлежности, установлении критериев прогноза и поисков.

Разработки Лидии Александровны внедрены при освоении золотых месторождений Ленского района, Бурятии, Дальнего Востока и др.

Л.А.Николаева — автор 130 научных работ, в том числе 5 монографий и ряда методических рекомендаций, дипломант ВДНХ.

Она основатель школы минералогов, занимающихся изучением самородного золота. Созданная ею лаборатория явилась «кузницей» высококвалифицированных специалистов по минералогии самородного золота как для ЦНИГРИ, так и для многих научных и производственных организаций золотой отрасли. Опыт Лидии Александровны широко используется в криминалистической практике. Благодаря ее мастерским экспертизам большое количество золота возвращено государству.

В последние годы Лидия Александровна занимается созданием банка данных и карты минералогии россыпного золота Российской Федерации.

Крупный ученый, признанный в России и за рубежом, Лидия Александровна — необыкновенно скромный человек высокой культуры, отзывчивый, доброжелательный, с большим чувством юмора. Широко известна литературная одаренность Лидии Александровны, ее популярные книги по исследованию золота. Теплые проникновенные поэтические посвящения друзьям и коллегам вместе с другими стихами вошли в недавно изданный поэтический сборник Л.А.Николаевой «ЦНИГРИада».

Поздравляем Лидию Александровну с юбилеем, желаем ей доброго здоровья, радости, благополучия, не стареть душой и оставаться такой же красивой и обаятельной женщиной.





## ШЕСТИДЕСЯТИЛЕТНИЕ Б.И. БЕНЕВОЛЬСКОГО

Борис Игоревич Беневольский — известный специалист в области прогноза, поисков, разведки и геолого-экономической оценки месторождений благородных и цветных металлов, заведующий лабораторией мониторинга сырьевой базы, кандидат геолого-минералогических наук.

После окончания Московского Государственного Университета Борис Игоревич многие годы трудился в составе Берелехской ГРЭ Северо-Восточного геологического управления на поисках и разведке месторождений золота Центральной Колымы, где он начинал работать горным мастером, а закончил — главным геологом экспедиции. Около 20 лет (1972—1989 гг.) он работал в аппарате Мингео СССР главным геологом Управления благородных металлов.

Под его руководством были открыты и разведаны россыпные месторождения золота в бассейне реки Колымы и на Чукотке, успешно разведаны золоторудные месторождения Карамкенское, Майское, Нявленга на северо-востоке России.

В 1989 г. Б.И. Беневольский пришел в ЦНИГРИ возглавил отдел прогноза минерально-сырьевой базы. Под его руководством выполнены крупные исследования по составлению комплексных геолого-экономических карт России на алмазы, благородные и цветные металлы. Составленные карты послужили основой для глубокого анализа состояния и перспектив развития минерально-сырьевой базы страны. Результаты этих исследований были положены в основу Государственной программы развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации. Борис Игоревич непосредственно принимал участие в проведении экспертной переоценки сырьевой базы благородных металлов России с учетом новых экономических условий недропользования.

В настоящее время Б.И. Беневольский занимается разработкой системы автоматизированного управления развития минерально-сырьевой базы алмазов, благородных и цветных металлов и системы мониторинга ресурсов и запасов минерального сырья.

Борис Игоревич является автором многочисленных статей, а также ряда крупных монографических работ по золоту России и методических основ поисков и разведки золоторудных месторождений. Он достойно представлял геологическую службу России за рубежом — в Монголии и ЮАР.

Юбилей — не только поздравления, но и оценка пройденного пути. Борис Игоревич немало сделал для развития отечественной минерально-сырьевой базы и еще очень много сделает. Желаем ему крепкого здоровья, новых научных открытий, благополучия его близким.





**цнигри**

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ  
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

ЦНИГРИ принимает заказы на исследование вещественного состава руд, песков и техногенных минеральных продуктов

Для этих материалов выполняются:

- классификация и ситовой анализ в диапазоне от 5 мм до 30 мкм;
  - седиментационный анализ;
  - разделение в тяжелых жидкостях;
  - измельчение и истирание малых навесок в условиях, исключающих заражение материала;
  - полуколичественный и количественный минералогический анализ;
  - рентгенофазовый анализ;
  - термический анализ;
  - количественный рентгеноспектральный (микронзондовый) анализ индивидуальных фаз размером от 2 мкм и более;
  - исследование в трансмиссионном электронном микроскопе с разрешением 0,3 нм и получение картин микродифракции;
  - элементный анализ ультратонких (2-5 нм) поверхностных слоев на минералах и синтетических продуктах, послойный анализ топографии распределения элементов на поверхности минералов и других твердых тел по оже-спектрам;
  - анализ химического состояния элементов по фотоэлектронным спектрам.
- На основе использования названных методов проводится определение минеральных форм нахождения благородных и цветных металлов, алмазов и других полезных компонентов в рудах, песках, технологических продуктах и промышленных отходах, оптимизируются режимы обогащения сырья, оценивается его влияние на окружающую среду.
- Сроки выполнения заказов не более 2 недель и при необходимости могут быть сокращены. Цены разумные, вид оплаты по выбору Заказчика.

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ  
Телефон: (095) 313-18-18, 113-19-33  
Телетайп: 114142 АДУЛЯР  
Факс: (095) 315-2701  
Электронная почта: [geolmos@tsnigri.msk.ru](mailto:geolmos@tsnigri.msk.ru)





**ЦНИГРИ**

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ  
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

**«Онтогенезис самородного золота России»  
Р.А.Амосов и С.Л.Васин**

В работе исследованы основные явления онтогенезиса самородного золота — механизмы зарождения, взаимодействие с другими минералами и флюидом, посткристаллизационные преобразования в гипогенных условиях и зоне гипергенеза. Описана оригинальная методика препарирования проб, обеспечивающая визуализацию золотинок в бедном сырье, что приобретает особенно важное значение в связи с вовлечением в разведку и эксплуатацию нетрадиционных источников золота — калийных солей, марганцевых руд, хвостов обогащения и эфельных отвалов. Предлагается методика исследования золота, основанная на комплексировании современных физических методов (растровой электронной микроскопии, оже-спектроскопии, энергодисперсионного анализа и др.) и позволяющая получить максимально полную информацию о морфологии, составе и внутреннем строении индивидов. Впервые показано важное значение биокаталитического зарождения самородного золота и широкое распространение биогенного золота в геологических образованиях разного возраста и генезиса — от докембрийских конгломератов до современных геотермальных систем. Книга иллюстрирована уникальными электронно-микроскопическими снимками самородного золота из месторождений России и зарубежных стран. Для специалистов, занимающихся самородным золотом в поисковом, генетическом и технологическом аспектах, для студентов и аспирантов геологических специальностей.

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ  
Телефон: (095) 313-18-18, 113-19-33  
Телетайп: 114142 АДУЛЯР  
Факс: (095) 315-2701  
Электронная почта: [geolmos@tsnigri.msk.ru](mailto:geolmos@tsnigri.msk.ru)