

**Медно-никелевое и золоторудные месторождения Китая
(по материалам совместной Российско-китайской полевой экскурсии
на месторождения медно-никелевое сульфидное Цзиньчуань
и золоторудные рудного района Дзяодун)**

Представлены материалы полевой экскурсии, проведенной по инициативе Китайской академии геологических наук и компаний недропользователей КНР в декабре 2014 г. на месторождениях платино-медно-никелевом Цзиньчуань и золоторудных провинции Дзяодун – Синченг, Саншандао и Линглонг.

Ключевые слова: *медно-никелевые месторождения, Китай, золотое оруденение, полевая экскурсия.*

A. V. MOLCHANOV, A. V. TEREKHOV (VSEGEI)

**Copper-nickel and gold deposits of China
(based on the materials of the joint Russian-Chinese field trip
to the deposits of copper-nickel sulphide Jinchuan
and gold ore district of Jiaodong)**

The paper presents materials of a field trip conducted at the initiative of the Chinese Academy of Geological Sciences and mining companies of the China in December 2014 to the platinum-copper-nickel deposit of Jinchuan and the gold deposits of Jiaodong province – Xincheng, Sunshandao and Linglong.

Keywords: *copper-nickel deposits, China, gold mineralization, field trip.*

Введение. В декабре 2014 г. по инициативе Китайской академии геологических наук (КАГН) и компаний недропользователей КНР была организована полевая экскурсия на крупнейшее медно-никелевое месторождение Цзиньчуань и старейшие золоторудные месторождения (рис. 1). При этом участвовала российская делегация, в состав которой входили Н. И. Гусев, А. В. Молчанов, П. Г. Падерин, А. Г. Пахалко, Э. М. Пинский, А. В. Терехов, В. О. Халенев, С. П. Шокальский, В. И. Шпикерман.

Участники делегации побывали на платинометалльном медно-никелевом месторождении Цзиньчуань (Jinchuan) провинции Ганьсу и посетили золоторудные месторождения рудного района Дзяодун (Jiaodong) – Синченг (Xincheng), Саншандао (Sanshandao), Линглонг (Linglong).

Геологическое строение и оруденение месторождения Цзиньчуань. Это гигантское медно-никелевое месторождение расположено в северо-западной части КНР на юге провинции Ганьсу, приблизительно 1200 км на запад от г. Пекин. Месторождение открыто в 50-е годы прошлого столетия. Активная разведка началась с 1958 г. и установила, что оруденение приурочено к интрузиву дунит-лерцолитового состава, при этом 85% запасов содержится в трех рудных телах с разными глубинами выклинивания оруденения (до одного километра в пределах первого рудного тела). Месторождение относится к медно-никелевому сульфидному типу

и является самым крупным в КНР объектом этого типа и третьим в мире после Норильска и Садбери. Достоверные запасы руды 564 млн т, в том числе никеля 5,45 и меди 3,5 млн т со средними содержаниями 1,2 и 0,7% соответственно. Среднее содержание суммы металлов платиновой группы (МПГ) и золота около 1 г/т, а при высоком отношении палладия к иридию – 14,37. Годовая мощность комбината по руде порядка 2 млн т. Извлекаются сразу 16 элементов и основные из них Cu, Ni, Co, Pt, Pd, Au и Ag. Золота добывается около 8 т, МПГ – 250 кг. Отработка ведется на 20 шахтах. Глубина забоя порядка 200 м, при этом угол падения рудных тел составляет 70°. Ведутся работы на новом перспективном участке с бедными вкрапленными рудами. На данный момент пробурено 508 скважин и пройдено разведочными штольнями порядка 10 тыс. пог. м. Разведанные запасы никеля и меди 6 и 4 млн т, а содержание в них никеля и меди 1 и 0,7% соответственно. Обеспеченность рудника запасами продлена на 53 года.

В геологическом плане (рис. 2) рудные объекты локализованы в пределах юго-западной окраины Северо-Китайского кратона (Сино-Корейского щита) на границе с Центрально-Китайским орогеном. Палеозойско-мезозойский осадочный чехол платформы здесь сильно эродирован. Рудоносная интрузия Цзиньчуань дунит-лерцолитового состава внедрена в раннепротерозойские мраморы и гнейсы; имеет дайкообразную форму с общим северо-западным простиранием, которое соответствует

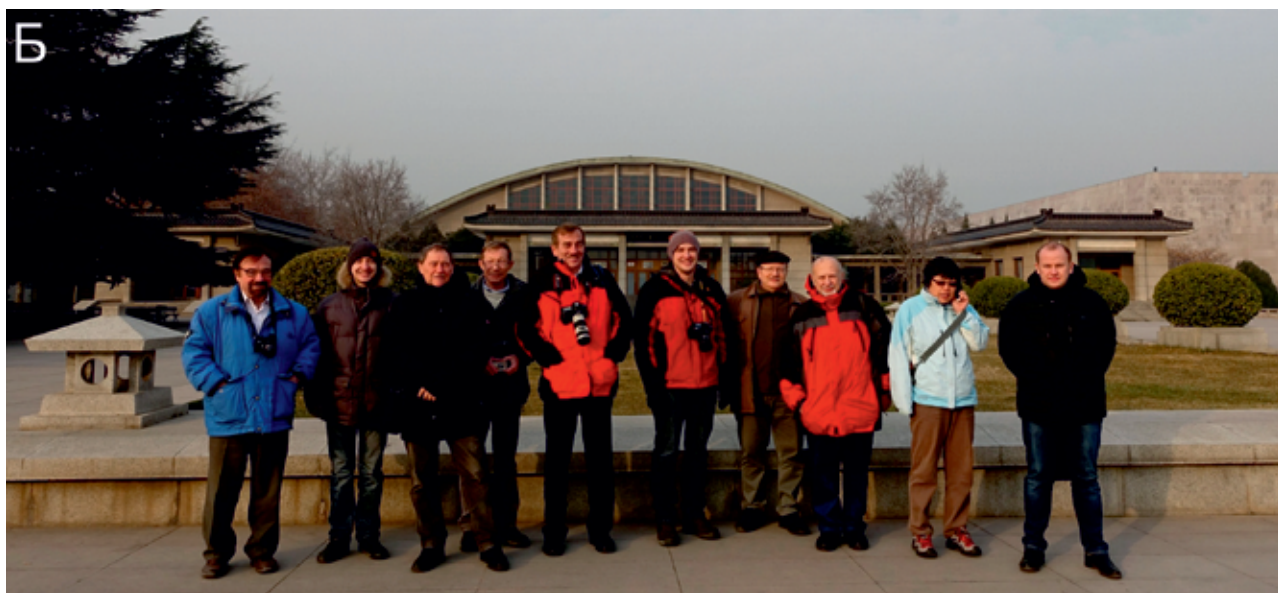
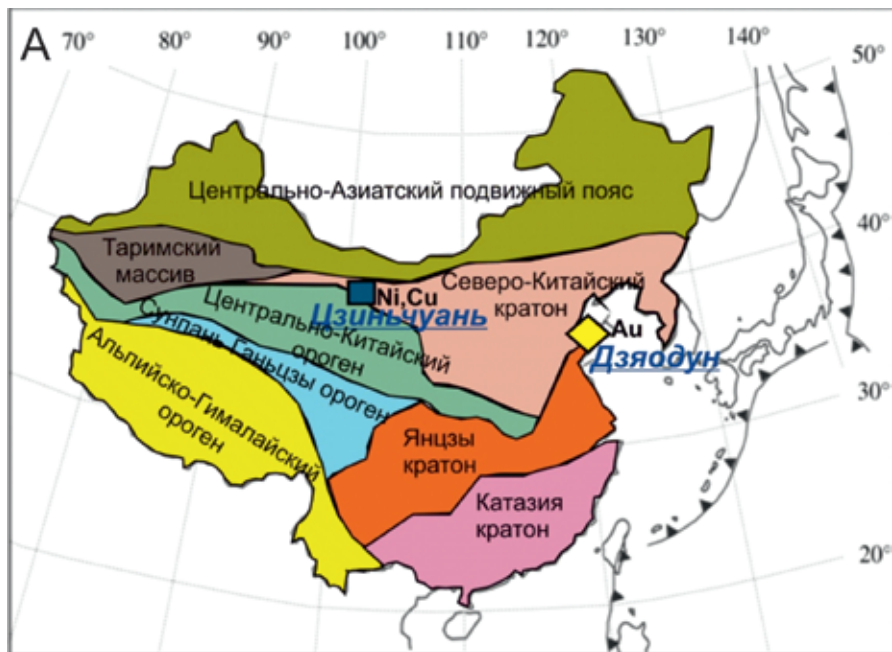


Рис. 1. Российско-китайская полевая экскурсия

А – объекты совместной полевой экскурсии: медно-никелевое месторождение Цзиньчуань и золоторудный район Дзяодун; Б – делегация ВСЕГЕИ. Декабрь, 2014

общему направлению структур района. Протяженность интрузии достигает 6 км при средней ширине до 300 м. Большая ее часть обнажена на дневной поверхности, исключая западную и восточную части. Породы на дневной поверхности интенсивно окислены [1, 8].

Благодаря блоковому строению района, рудоносная интрузия разделена на четыре участка, а по геометрии тела и распространению типов пород на две части: западную с развитой поперечной зональностью и восточную, где интрузия носит расслоенный характер. В ее строении участвуют четыре типа пород: сульфидсодержащие дуниты, лерцолиты, плагиоклазовые лерцолиты и оливиновые пироксениты.

Дуниты – главные рудоносные породы интрузии, состоящие из оливина – 70–90 % и сульфидов – 8–30 %.

Сульфиды находятся в интерстициях и представлены преимущественно пирротинном и пентландитом. Там, где вокруг оливина развита пироксеновая оторочка, сульфиды обычно располагаются между агрегатами силикатов. Лерцолиты преобладают в сохранившейся части интрузии, образуя до 80 % ее объема, и представляют оливин-хромитовый кумулат с интерстиционными пироксенами, сульфидами и небольшим количеством плагиоклаза. Содержание (в %): оливина 40–85, пироксенов 10–50, а кумулатного хромита варьирует 0,5–2. Количество сульфидов в лерцолитах снижается вверх по разрезу и обычно содержит менее 8 % [1, 8].

Плагиоклазовые лерцолиты образуют важный маркирующий горизонт в восточной части интрузии. Сульфиды в составе породы крайне редки.

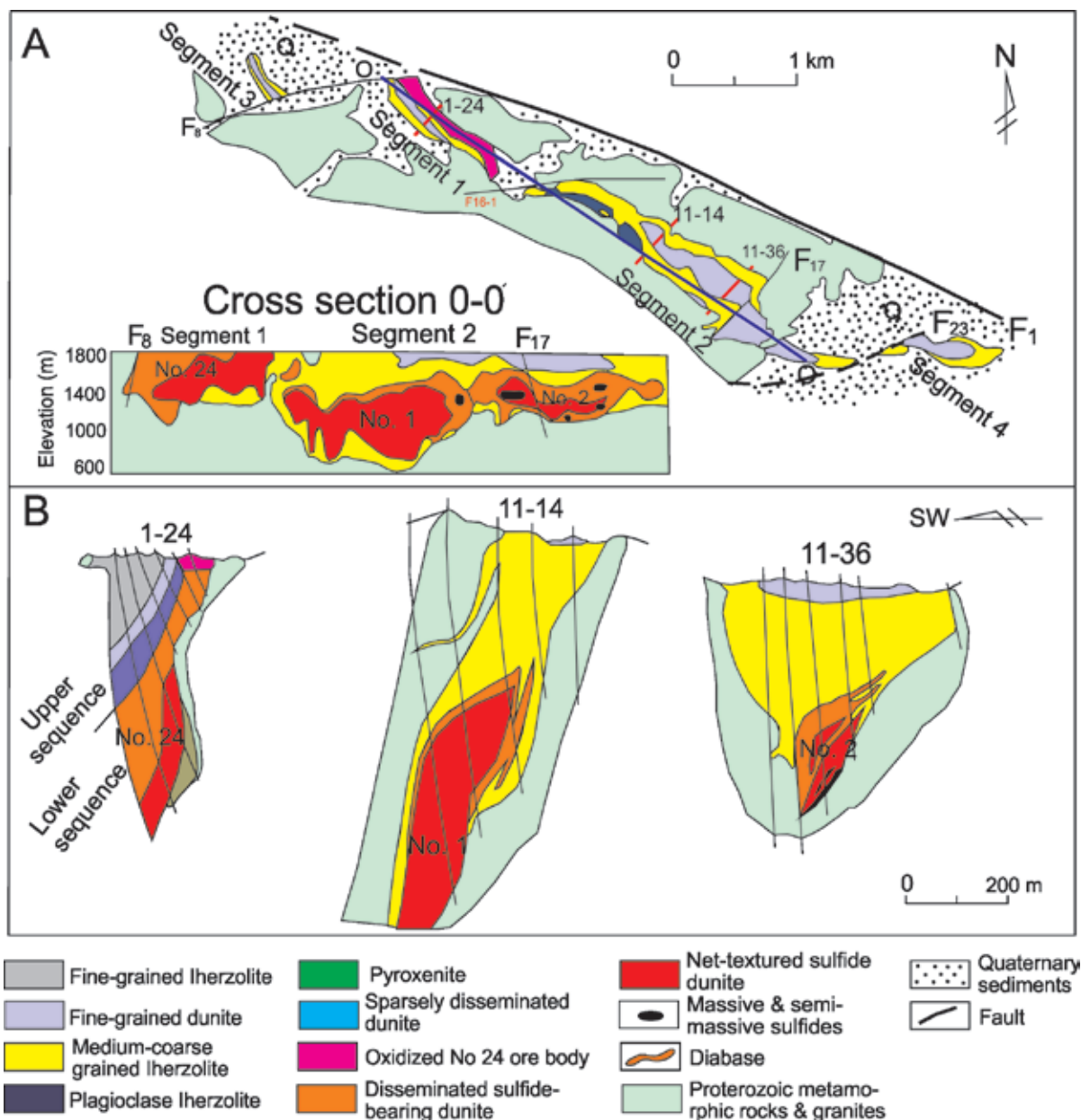


Рис. 2. Геологическая схема строения медно-никелевого месторождения Цзиньчуань [8]

Оливиновые пироксениты составляют менее 10 % объема интрузии и содержат лишь небольшое количество сульфидов.

В ходе экскурсии было установлено, что ультрабазиты имеют сложную морфологию, иногда образуя складкоподобные и флексурные формы, а также ветвящиеся дайковые тела. На обнажении четко виден резкий контакт с вмещающими мраморами телами аляскитовых гранитов докембрийского фундамента. При этом мрамора сильно скарнированы с образованием зональных метасоматитов – в ядре находится серпентин, а краевая часть представлена карбонатом и зеленым минералом, формируя мелкие вкрапленники. Часть ксенолитов гранитных тел при внедрении даек ультрабазитов захватываются последними, образуя будины. По данным китайских специалистов, возраст ультрабазитов неопротерозойский, а вмещающих гранитов – палеопротерозойский.

Руды месторождения (рис. 3) целиком локализованы в интрузивных породах и находятся в основном в нижней части интрузии. Содержание никеля в рудах и серы имеют прямую корреляцию. При этом сера, исходя из изотопного состава, мантийного происхождения или образуется из нефракционированного корового источника. В рудных дунитах доминируют руды платинового типа. Наличие бедных палладиевых руд в рудных залежах и в их апикальных и краевых зонах отражает элементы гипербазит-базитового расслоения рудоносного интрузива. Наблюдается тенденция повышения рудоносности пород от апикальной части, сложенной бедными сульфидными оливиновыми вебстеритами к центральным частям, представленным дунитами с вкрапленными рудами. В настоящее время обрабатывается рудное тело мощностью порядка 150–170 м и протяженностью около 400 м. Рудное тело линзуется. Обработка ведется прямо по

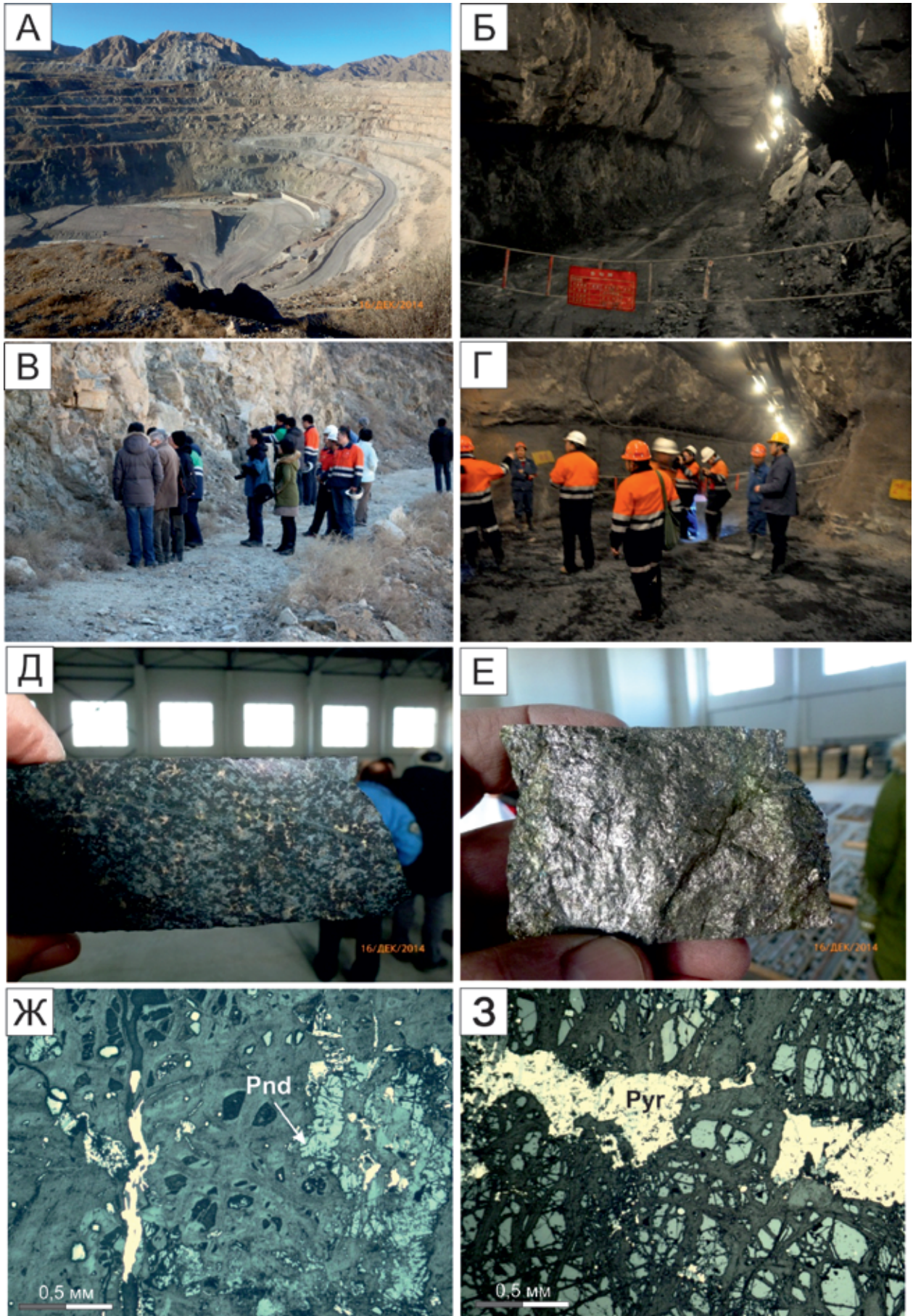


Рис. 3. Медно-никелевое месторождение Цзиньчуань

А–Г – изучение обнажений, карьеров и подземных выработок месторождения специалистами Российско-китайской полевой экскурсии; Д–З – массивные и прожилково-вкрапленные руды (Pyr – пирротин, Pnd – пентландит)

телам ультрабазитов с вкрапленными пентландит-халькопирит-пирротиновыми рудами, иногда образующими сплошные массы. Содержание меди и никеля около 0,5 %, золота 0,5 г/т [1, 8].

Рудные минералы месторождения представлены пирротином, пентландитом, виоларитом, халькопиритом, кубанитом, макинавитом и пиритом. Преобладает пирротин. В окисленных рудах пентландит замещается виоларитом. В ассоциации с сульфидами установлено более десяти минералов платиновой группы. Преобладает сперрит. Выявлены самородная платина, мончеит, палладистый мелонит, майченерит, седберит.

Возраст массивных сульфидных руд, по данным Re-Os метода датирования, составляет 833 ± 35 Ma [11], 867 ± 75 млн лет [9], а для вкрапленных сульфидных руд – 1117 ± 67 , 1067 ± 120 соответственно. Более молодой возраст, полученный по данным U-Pb датирования цирконов из рудовмещающих пород, составил 828 ± 3 , 812 ± 26 и 827 ± 8 млн лет [4].

Геологическое строение и оруденение провинции Дзяодун. Провинция расположена на востоке КНР (рис. 4) в пределах Цзяодунского полуострова, является одной из наиболее продуктивных и древнейших золоторудных провинций страны и включает несколько золоторудных месторождений мирового класса с запасами более 150 т золота. Суммарные запасы провинции превышают 3000 т, что составляет более 25 % запасов золота КНР, а его годовая добыча более 30 т (рис. 5). Здесь сосредоточено примерно 50 % производства золота в стране (прииски Синченг, Саншандао и др.). Разработка ведется карьерами и шахтами. В 70–80-е годы золотодобывающие предприятия стали оснащаться современным оборудованием: драгами, земснарядами, установками по обогащению руды. Особенность отрасли с древних времен – большой удельный вес старательской добычи (до 1/3 общего объема).

В тектоническом отношении Цзяодунский полуостров расположен на юго-восточной окраине Северо-китайского кратона, где преобладают

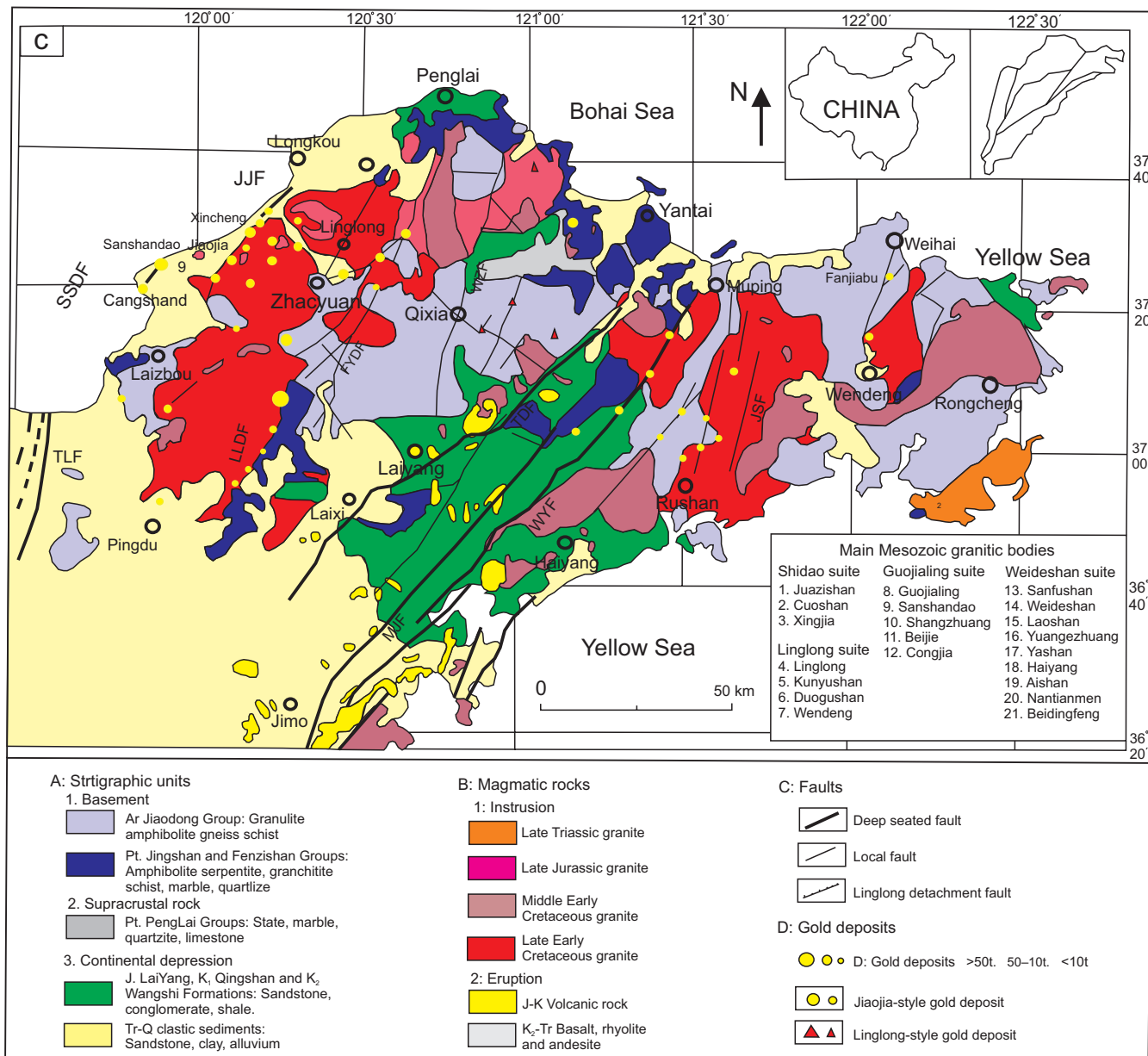


Рис. 4. Геологическое строение Цзяодунского полуострова по [10, 11]

архейские образования (3,8–2,5 млрд лет), многократно переработанные активизационными процессами протерозойского и мезозойского возрастов. Западной границей выступает региональная зона разломов Тан-Лу общего северо-северо-восточного простирания [3].

Цзяодунский полуостров подразделяется на два доюрских блока: Дзяубэй (Jiaobei terrrain) на севере и Сулу (Sulu terrrain) на юге. Блоки разделены региональным тектоническим швом (Wulian-Qingdao-Yantai Suture) и мезозой-кайнозойским осадочным бассейном Дзяолай (Jiaolai basin), сложенным юрско-меловыми отложениями.

В геологическом строении блока Дзяубэй (13 000 км²) принимают участие породы: позднеархейские – гранулиты, гнейсы, амфиболиты, биотитовые кристаллосланцы с возрастом 2,94–2,67 млрд лет группы Дзяодун (Jiaodong Group); палеопротерозойские – метаморфизованные мафиты, гранулиты, амфиболиты, мраморы и сланцы с возрастом 2,48–2,03 млрд лет группы Дзяншань (Jingshan Group) и Фензишань (Fenzishan Group); неопротерозойские – сланцы, филлиты, карбонатные породы группы Пенлай (Penglai group). Магматические породы представлены гранитами юрского и мелового возрастов, а также породами шшонит-латитовой серии мелового возраста.

Блок Сулу характеризуется присутствием минералов, формировавшихся в условиях высоких и ультравысоких давлений, включая коэситсодержащие эклогиты [2]. Золоторудная провинция Дзяодун (Jiaodong) включает три золоторудных пояса (с запада на восток) – Жаоюн (Zhaoyuan-Laizhou), Киксия (Qixia), Мапинг-Рушан (Muping-Rushan). Золоторудный пояс Жаоюн содержит более 85 % золотых запасов провинции. Месторождения размещены на контакте зон мезозойских гранитных интрузий с метаморфическими породами архейской группы Дзяодун или вблизи контактов мезозойских гранитных интрузий. При этом гранитоиды, исходя из состава и текстурно-структурных особенностей, разделены на три группы [7, 10]:

– граниты-гранодиориты, включающие биотитовые граниты, гранодиориты и монцониты с возрастом 150–160 млн лет. К этой группе приурочено множество крупных золоторудных месторождений, включая месторождения типа Линглонг с запасами более 500 т;

– порфиновые гранодиориты (рис. 6), представленные порфиритами в основном роговообманковосодержащими, монцогранитами и гранитами с возрастом гранитоидов 130–126 млн лет. Гранитоиды этой группы включают ряд крупных месторождений золота, включая Синченг (Jiaojia-Xincheng) и Саншандао, каждое из которых насчитывает более 200 т золота;

– апаитовые гранитоиды, в составе которых монцониты и сиениты. С данной группой пород золотое оруденение не связано.

Основной промышленный тип оруденения – Джаоджа (Jiaojia), который при исследованиях в начале 80-х годов прошлого века составлял наиболее важную часть золотых ресурсов. Вкрапленные и штокверковые золоторудные месторождения располагаются вдоль региональных зон разломов первого порядка, которые окружены широкими ореолами гидротермально-измененных пород.

Зоны разломов выражены в обнажениях катакластических деформациями шириной несколь-

ко сотен метров и иногда описываются как зоны расщепления.

В сторону от разлома в гранитоидах обычно выделяется ряд зон изменений:

– разломная глинистая зона (глинка трения) мощностью до 50 см. Она состоит из серых, белых или черных глинистых минералов до 80 % различного размера и окатанности обломков гранитоидов. Милониты отмечаются редко.

– кварц-серицит-пиритовая зона мощностью до двух метров. Она представляет наиболее интенсивно измененную зону месторождений. Измененные породы – это существенно катакластические брекчии.

– внешний красноватый измененный ореол простирается на много сотен метров и характеризуется вторичным калиевым полевым шпатом и серицитом в катаклазированных гранитоидах.

Красноватые калишпатовые изменения присущи всем золотым месторождениям полуострова.

Месторождение золота Синченг локализовано вдоль разлома Джаоджа-Синченг (Jiaojia-Xincheng). Первые исследования на месторождении проводились в 70–80-х годах прошлого века. В 2010 г. запасы золота здесь составили более 80 т при его среднем содержании 6,0 г/т. Выделены четыре главных группы пород – архейская группа Jiaodong, граниты Линглонг юрского возраста, гранодиориты Guojialing мелового возраста (130–126 млн лет) и мафитовые дайки мезозойского возраста [2, 5].

Золотая минерализация предпочтительно локализована на контакте зон между мезозойскими гранитными интрузивами Линглонг комплекса и архейскими метаморфическими породами Jiaodong группы или различными мезозойскими гранитными интрузивами (Linglong and Guojialing интрузивами). Центральная часть рудоносной разломной зоны состоит из серой и черной глинки трения мощностью 5–20 см, которые содержат обломки гранитоидов. Милонитовая окремненная зона мощностью два метра рассекает измененные (березитизированные) и брекчированные граниты. Измененные граниты содержат золоторудные тела, которые располагаются параллельно главным разломам в плане и имеют падение 45° на юго-запад [5].

Тип золотой минерализации – вкрапленный жильно-штокверковый. Располагается вдоль главной зоны разлома с небольшим количеством золотосодержащих кварцевых жил.

Месторождение золота Саншандао (рис. 7) локализовано в западной части Цзяодунского полуострова, где занимает площадь 0,3 км². Это главное месторождение штокверкового (Jiaojia) типа, выявленное в 1967 г., первоначально разрабатывалось частными старателями. Сейчас разработки ведутся компанией Shandong Gold Group. На 2010 г. запасы составили более 200 т с вариациями содержаний от 3,04 до 14,56 г/т при среднем содержании 3,96 г/т. Месторождение отчетливо контролируется зоной разлома Саншандао-Кангшенг с азимутом простирания 35° и падением 35°–40° на юго-восток, уходя на северо-восток и юго-запад в воды Желтого моря. Разлом картируется между порфировыми гранитоидными интрузиями и архейскими амфиболитами. Его протяженность 7 км при ширине до 200 м. Рудное тело расположено в разломе и сопровождается интенсивными гидротермально-метасоматическими изменениями березитового типа [2, 5].

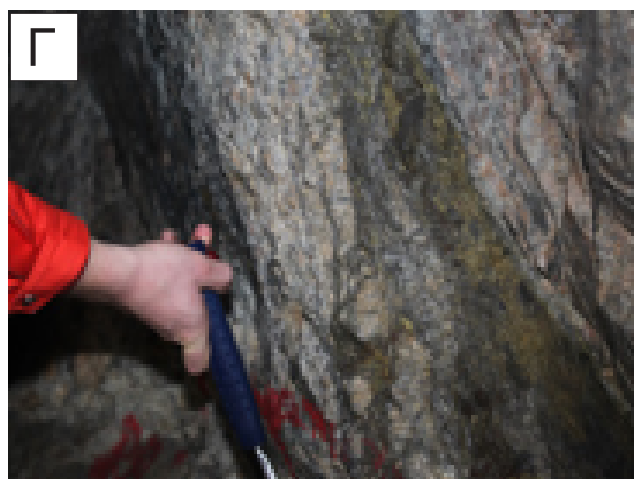
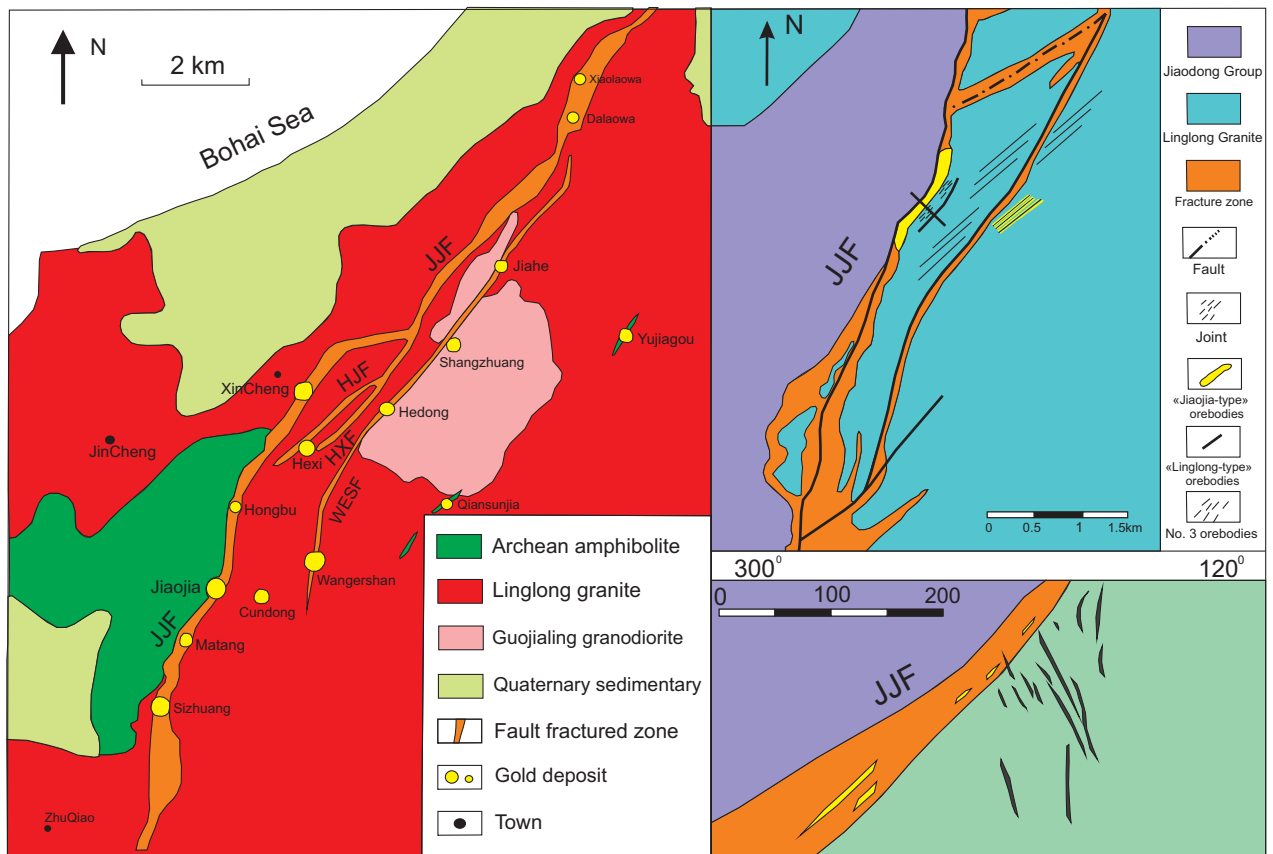


Рис. 5. Геологическое строение золоторудного района Дзяодун и месторождения золота Синченг по [10, 11]

А – изучение рудных тел в шахте специалистами Российско-китайской полевой экскурсии; Б, В – разломная глинистая зона (глинка трения); Г – кварц-серицит-пиритовая зона

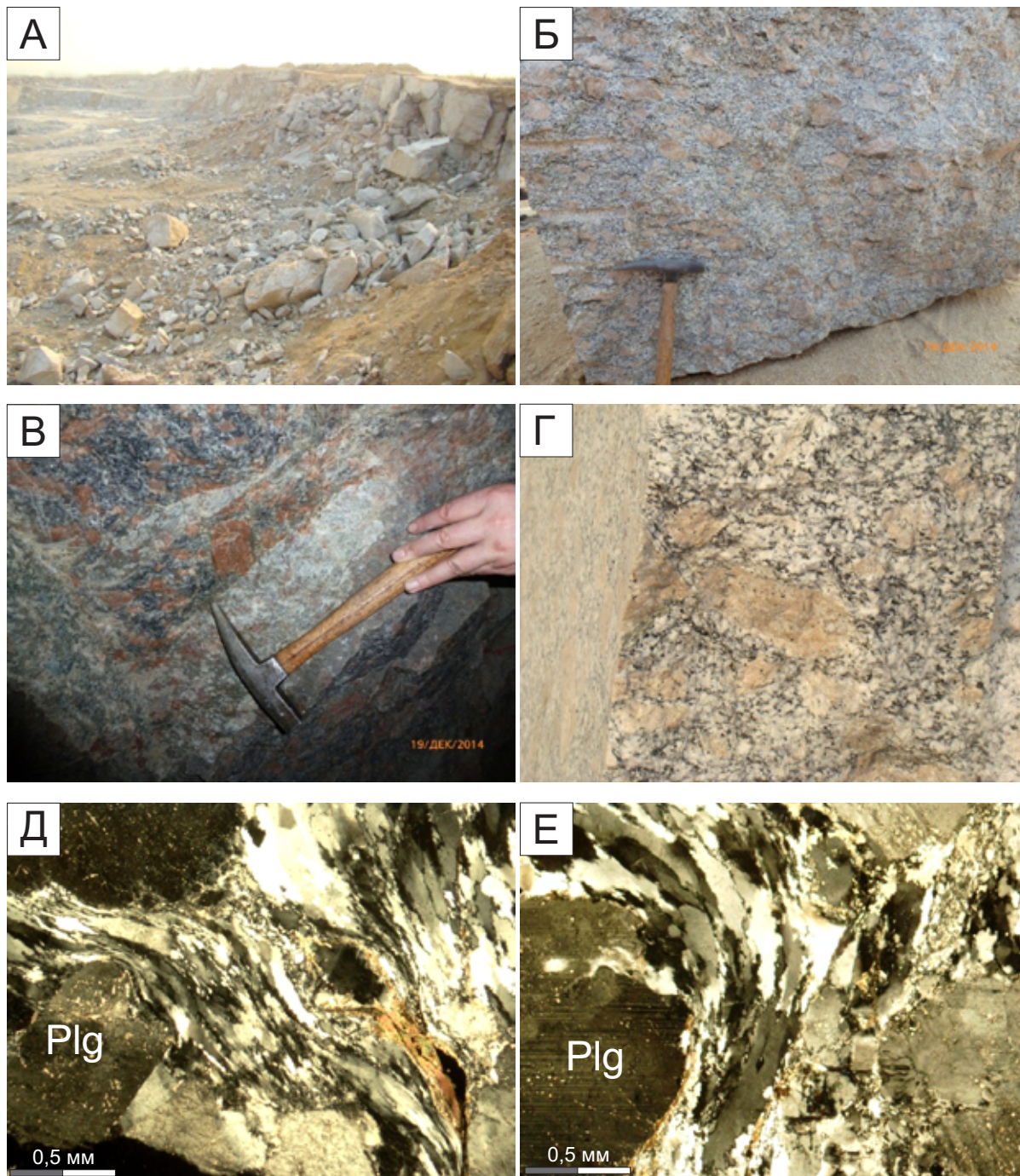


Рис. 6. Порфиридные гранодиориты

А–Г – фото гранодиоритов в обнажениях; *Д, Е* – структурно-текстурные особенности гранодиоритов (никели +): главные минералы – плагиоклаз Plg 35–55 %, калиевый полевой шпат 10–25 %, кварц 15–30 %, роговая обманка 5–10 %, незначительное количество биотита 1–2 %, акцессорные минералы – титанит, циркон, апатит, монацит

Месторождение золота Линглонг (рис. 8) локализовано в пределах западного фланга региональной зоны разломов Джаопинг (Zhaoping) на северо-западе Цзяодунского полуострова. Линглонг – наиболее крупный и древний золотой рудник, на площади которого расположено множество других мелких золотых приисков времен ручной добычи с узкими и опасными штольнями. Многие из них разрабатываются веками. Еще в 1888 г. на этом руднике Китай производил до 700 000 унций золота в год, занимая по золотодобыче пятое место в мире. Во время Первой мировой войны на месторождении было извлечено и вывезено около 290 000 унций золота. Гражданская война привела к падению произ-

водства на месторождении до 7000 унций в год, но после окончания войны в 1949 г. и с приходом к власти Мао Цзэдуна золотодобыча тормозится еще больше по идеологическим причинам. В дальнейшем возрождение и реабилитация золотопромышленности, в том числе и на месторождении Линглонг, происходит при Дэн Сяопине [6].

Золоторудная минерализация расположена главным образом внутри кварцевых рудоносных жил длиной до 5 км и глубиной до 100 м при ширине от нескольких сантиметров до нескольких метров и относится к Линглонг-типу (Linglong-type) рудных месторождений Китая. Золотоносные кварцевые жилы нередко зональны – центральная зона

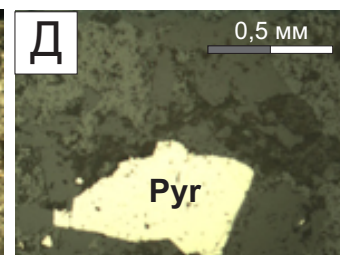
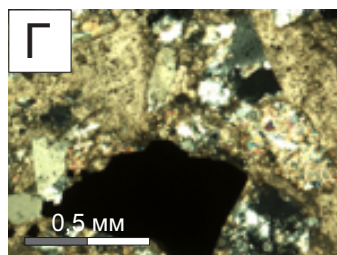
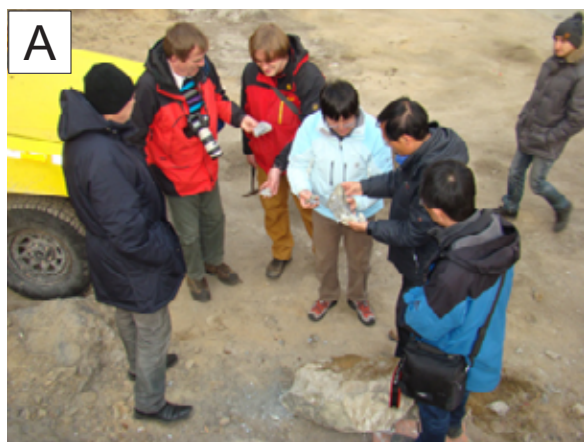
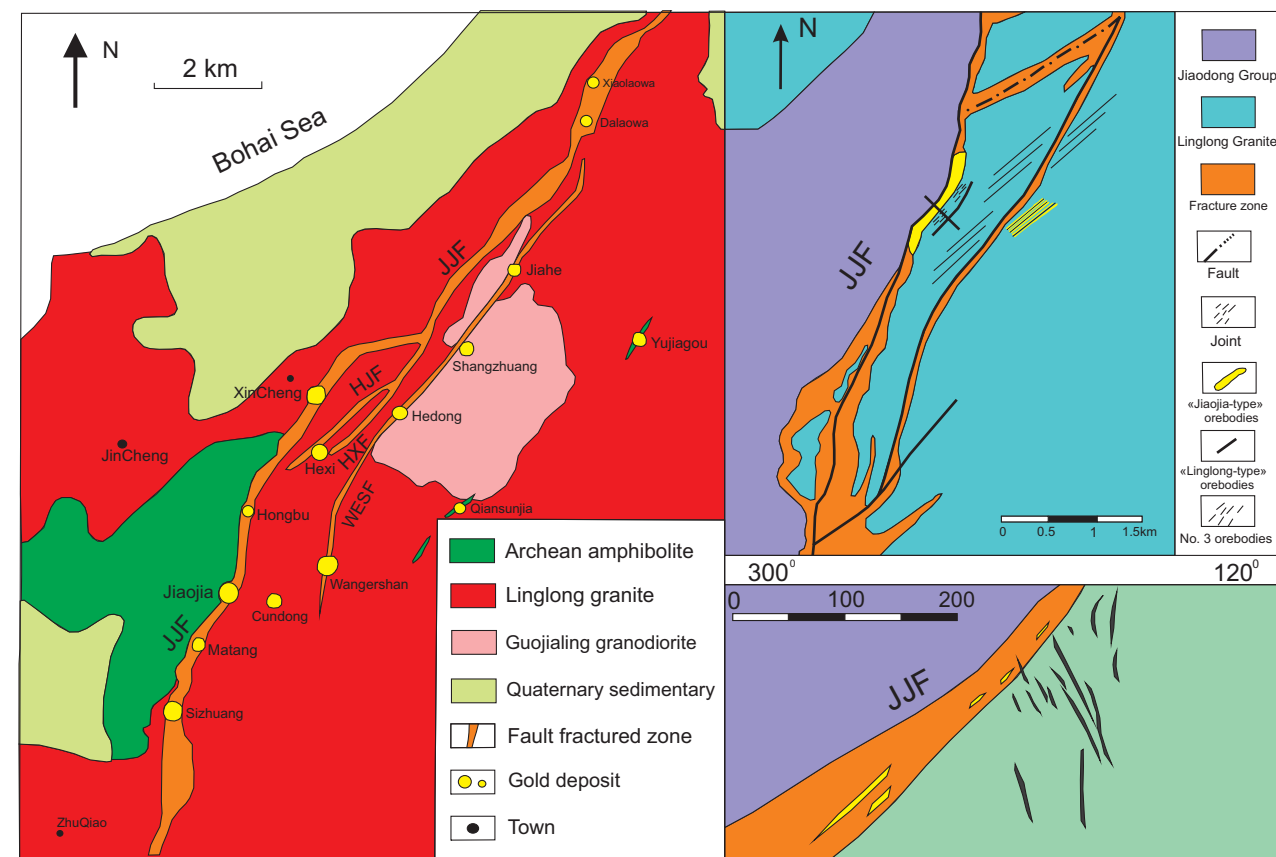


Рис. 7. Геологическое строение месторождения золота Саншандао по [10]

А, Б – изучение обнажений специалистами Российской-китайской полевой экспедиции; В–Д – рудная минерализация

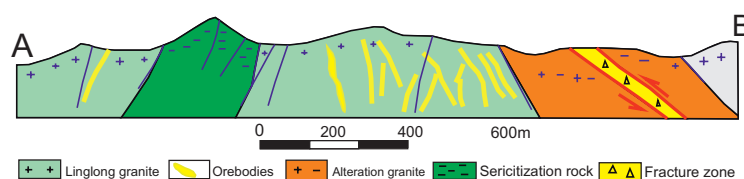
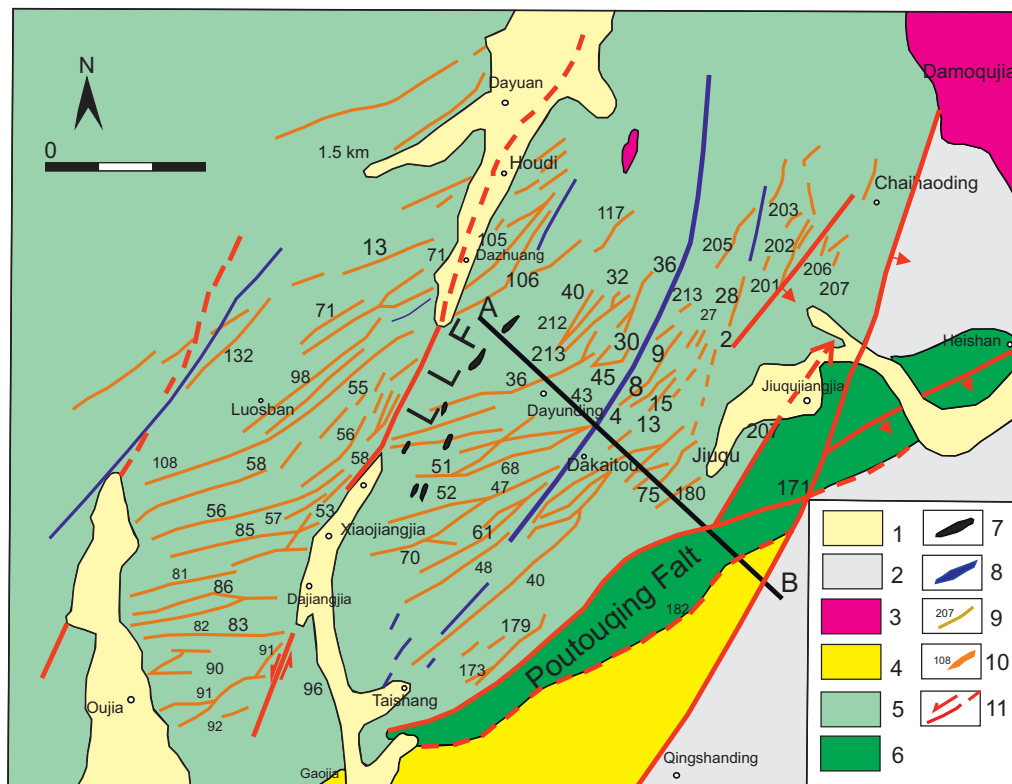


Рис. 8. Геологическое строение месторождения золота Линглونغ по [10]

1 – четвертичные отложения; 2 – серия Цзяодун; 3–5 – гранитные интрузивы: Guojialing (3), Luanjiahe (4), Линглونغ (5); 6 – зона разлома; 7 – диорит-порфировая дайка; 8 – лампрофировая дайка; 9 – номера золото-сульфидных серицитизированных пород, кварцевых жил и катакластических гранитных рудных тел; 10 – номера кварцевых золотоносных жил; 11 – разлом
А – вход в штольню месторождения; Б–Г – жильные и жильно-штокерковые руды

мощностью до одного метра сложена массивными сульфидными рудами. Минеральный состав — пирит с незначительным количеством халькопирита, галенита и сфалерита ближе к зальбандам жил. Вмещающие породы вблизи кварцевых жил претерпели окварцевание, серицитизацию, сульфидизацию и калишпатизацию (березитовый тип изменений). Руды расположены в гранитоидах Линглонг, которым 160–156 млн лет, при этом возраст оруденения оценивается в 120–122 млн лет.

Гранитоиды представлены тонко- и среднезернистыми монцогранитами и гранодиоритами с локальными гнейсовидными текстурами. Кроме того, присутствуют более поздние средние и основные по составу дайки. Месторождение структурно контролируется зоной разломов второго и третьего порядков, имеющих восток-северо-восточное, северо-северо-восточное простирания.

Заключение. В ходе экскурсии на шахтах, карьерах, отвалах и обнажениях были отобраны образцы руд и вмещающих пород. Кроме того, нашим специалистам представилась возможность провести ряд интересных и продуктивных дискуссий с китайскими коллегами по вопросам геологии, тектоники и проведения прогнозно-минерагенетических исследований, нацеленных на прогноз и поиски месторождений меди, никеля, платины и золота. Эта экскурсия позволила значительно расширить наши представления об особенностях геологического строения и формирования столь уникальных рудных объектов, известных во всем мире.

В ходе дискуссий выявлены общие черты в геологическом строении и характере золотого оруденения рудных районов Центрально-Алданского и Дзюдун, что позволит в дальнейшем разработать общие прогнозно-поисковые модели для выявления новых промышленно значимых золоторудных объектов как на территории Китая, так и России.

1. Chai G., Naldrett A.J. Petrology and geochemistry of the Jinchuan ultramafic intrusion: cumulate of a high-Mg basaltic magma // *J. Petrol.* 1992. Vol. 33. — P. 1–27.

2. Goldfarb R.J., Taylor R.D., Collins G.S. et al. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia // *Gondwana Research Journal.* 2014. Vol. 25. — P. 48–102.

3. Groves D.I., Santosh M. The giant Jiaodong gold province: the key to a unified model for orogenic gold deposits? // *Geoscience Frontiers.* 2016. Vol. 7. — P. 409–417.

4. Li C., Ripley E.M. Magmatic Ni-Cu and PGE Deposits: Geology, Geochemistry, and Genesis // *Reviews in Economic Geology.* 2011. Vol. 17. — P. 297–328.

5. The geology and metallogeny of the Jinchuan Cu-Ni sulfide deposits and the Jiaodong Gold deposits: field Trip Guide book. — Beijing, 2014. — 29 p.

6. Matthew H. Gold: The Race for the World's Most Seductive Metal. 2014. Simon&Schuster. — 304 p.

7. Mercier J.L., Hou M.J., Vergely P., Wang Y.M. Structural and stratigraphical constraints on the kinematics history of the southern Tan-Lu fault zone during the Mesozoic, Anhui Province // *Tectonophysics.* — China, 2007. Vol. 439. — P. 33–66.

8. Naldrett A.J. World-class Ni-Cu-PGE deposits: key factors in their genesis // *Mineralium Deposita March.* 1999. Vol. 34. Iss. 3. — P. 227–240.

9. Yang Shenghong, Qu Wenjun, Tian Yulong et al. Origin of the inconsistent apparent Re-Os ages of the Jinchuan Ni-Cu sulfide ore deposit, China: Post-segregation diffusion of Os. *Chemical Geology.* 2008. Vol. 247. — P. 401–418.

10. Zhang H.Y., Hou Q.L., Cao D.Y. Study of thrust and nappe tectonics in the eastern. Jiaodong Peninsula // *Earth Sciences.* — China: Science in China. Series D., 2007. Vol. 50. — P. 161–171.

11. Zhang M., O'Reilly S.Y., Wang K-L. et al. Flood basalts and metallogeny: the lithospheric mantle connection // *Earth-Science Reviews.* 2008. Vol. 86. P. 145–174.

1. Chai, G., Naldrett, A.J. 1992: Petrology and geochemistry of the Jinchuan ultramafic intrusion: cumulate of a high-Mg basaltic magma. *J Petrol*, vol. 33. 1–27.

2. Goldfarb, R.J., Taylor, R.D., Collins, G.S., Goryachev, N.A., Orlandini, O.F. 2014: Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia. *Gondwana Research Journal.* Vol. 25. 48–102.

3. Groves, D.I., Santosh, M. 2016: The giant Jiaodong gold province: the key to a unified model for orogenic gold deposits? *Geoscience Frontiers.* Vol. 7. 409–417.

4. Li, C., Ripley, E.M. 2011: Magmatic Ni-Cu and PGE Deposits: Geology, Geochemistry, and Genesis. *Reviews in Economic Geology.* Vol. 17. 297–328.

5. The Chinese-Russian geological field trip. 2014: *The geology and metallogeny of the Jinchuan Cu-Ni sulfide deposits and the Jiaodong Gold deposits: field Trip Guide book.* Beijing. 29.

6. Matthew, H. 2014: Gold: The Race for the World's Most Seductive Metal. Simon&Schuster. 304.

7. Mercier, J.L., Hou, M.J., Vergely, P., Wang, Y.M. 2007: Structural and stratigraphical constraints on the kinematics history of the southern Tan-Lu fault zone during the Mesozoic, Anhui Province. *Tectonophysics.* Vol. 439. 33–66. China.

8. Naldrett, A.J. 1999: World-class Ni-Cu-PGE deposits: key factors in their genesis. *Mineralium Deposita March.* Vol. 34. 3. 227–240.

9. Yang Shenghong, Qu Wenjun, Tian Yulong, Chen Jiangfeng, Yang Gang and Du Andao. 2008: Origin of the inconsistent apparent Re-Os ages of the Jinchuan Ni-Cu sulfide ore deposit, China: Post-segregation diffusion of Os. *Chemical Geology.* Vol. 247. 401–418.

10. Zhang, H.Y., Hou, Q.L., Cao, D.Y. 2007: Study of thrust and nappe tectonics in the eastern. Jiaodong Peninsula. *Earth Sciences.* Vol. 50. 161–171. China: Science in China. Series D.

11. Zhang, M., O'Reilly, S.Y., Wang, K-L., Hronsky, J., Griffin, W.L. 2008: Flood basalts and metallogeny: the lithospheric mantle connection. *Earth-Science Reviews.* Vol. 86. 145–174.

Молчанов Анатолий Васильевич — доктор геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <anatoly_molchanov@vsegei.ru>

Терехов Артем Валерьевич — канд. геол.-минер. наук, зам. зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <artem_terekhov@vsegei.ru>

Molchanov Anatolij Vasil'evich — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the entire Department, VSEGEI¹. <anatoly_molchanov@vsegei.ru>

Terekhov Artem Valer'evich — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Head of Department, VSEGEI¹. <anatoly_molchanov@vsegei.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.