

СОВМЕСТНАЯ ПОЛЕВАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА

В рамках интеграционных партнерских проектов Дальневосточного, Сибирского и Уральского отделений РАН, Уфимского научного центра РАН (“Магматизм и рудогенез на границах скольжения океанических и континентальных плит: причины разнообразия, эволюция в пространстве и во времени” и “Магматизм, метаморфизм и рудогенерирующий потенциал алтаид и уралид”) 19–29 июня 2013 г. была проведена совместная полевая экспедиция по геологическим объектам Южного и Среднего Урала.

Выбор Урала как ключевой шовной структуры, разделяющей Восточно-Европейскую платформу, Западно-Сибирскую плиту и Казахстанский континент, выглядит объективным. Дело в том, что складчатые комплексы Урала, Казахстана и Сибири обнаруживает отчетливые признаки событийной корреляции в отношении магматических комплексов и связанных с ними рудных месторождений. Эта гипотеза была высказана более 40 лет назад [7], и в ходе проведенной полевой экспедиции получила полное подтверждение.

На Ученом совете ИГГ УрО РАН и в ходе экспедиции были заслушаны научные доклады академика РАН А.И. Ханчука “Магматизм и рудогенез на границах скольжения океанических и континентальных плит”, док. геол.-мин наук А.Г. Владимирова “Роль плейт- и плюм-тектоники в формировании континентальной литосферы и специфики магматизма”, док. геол.-мин наук Ю.А. Мартынова “Мезозойский–кайнозойский магматизм “slab-window” Дальнего Востока России”, док. геол.-мин наук А.Б. Перепелова “Латерально-временная зональность кайнозойского вулканизма Камчатки и его изотопно-геохимическая характеристика”, канд. геол.-мин наук Н.Н. Крука “Особенности магматизма трансформных обстановок на границе “континент–океан (на примере Горного и Рудного Алтая)”.

В представленных докладах в порядке дискуссии были детально проанализированы два научных направления фундаментальных исследований, в рамках которых предпринимаются попытки объяснить рудогенерирующий потенциал океанической и континентальной литосферы с позиций плейт- и плюм-тектоники. Первое направление основано на многолетних геолого-геофизических материалах, полученных при изучении современных активных континентальных окраин (Северная и Южная Америка, Дальний Восток России, Китай и Юго-Восточная Азия). На этих примерах сейчас однозначно доказывается активная роль астенос-

ферной мантии не только в надсубдукционном магмо- и тектогенезе, но и в кардинальной перестройке геологических структур при скольжении литосферных плит [4, 11]. Модель “slab-window”, связывающая магматические процессы с разрывом субдуцированной океанической литосферы при взаимном скольжении океанической и континентальных литосферных плит, является одной из наиболее обоснованных при объяснении особенностей геологического строения, магматизма и генезиса гигантских и уникальных месторождений Тихоокеанского “горячего” кольца (Au, Fe, Ti, Mn, Cu, Mo, Sn, W, Li, Rb, Cs и редкоземельные элементы). Все более очевидна ее важная роль в формировании ювенильной коры на границах “континент–океан”, а также в зонах коллизии “континент–островная дуга”, “континент–континент” [10]. Второе направление связано с интенсивным геологическим и изотопно-геохимическим изучением магматизма, метаморфизма и рудных месторождений Центрально-Азиатского складчатого пояса [1, 2]. Главным результатом проведенных исследований в этом направлении является вывод о том, что эволюция континентальной коры и формирование рудных месторождений в значительной степени были обусловлены активным взаимодействием глубинных термохимических плюмов с литосферой. Стала очевидной активная роль нижней мантии в эволюции континентальной литосферы и формировании рудных месторождений Центральной Азии. Однако было отмечено, что геодинамическая природа плюмов до сих пор остается остро дискуссионной.

В полевых условиях были даны обстоятельные геологические обзоры по Южному и Среднему Уралу, которые послужили основой для проведенных маршрутов (рис. 1.) и отбора представительной коллекции образцов, которая будет обработана в ведущих аналитических лабораториях России и за рубежом.

В рамках проекта “Магматизм и рудогенез на границах скольжения океанических и континентальных плит: причины разнообразия, эволюция в пространстве и во времени” (научные руководители: А.И. Ханчук, В.В. Холоднов, Н.Н. Крук) план работ экспедиции был составлен с целью продемонстрировать ее участникам на примере Магнитогорской островодужной мегазоны последовательные этапы ее формирования [3] и последующую орогенно-коллизивную историю (карбон–пермь) в процессе приращения девонской островной палеодуги к краю Восточно-Европейской платформы

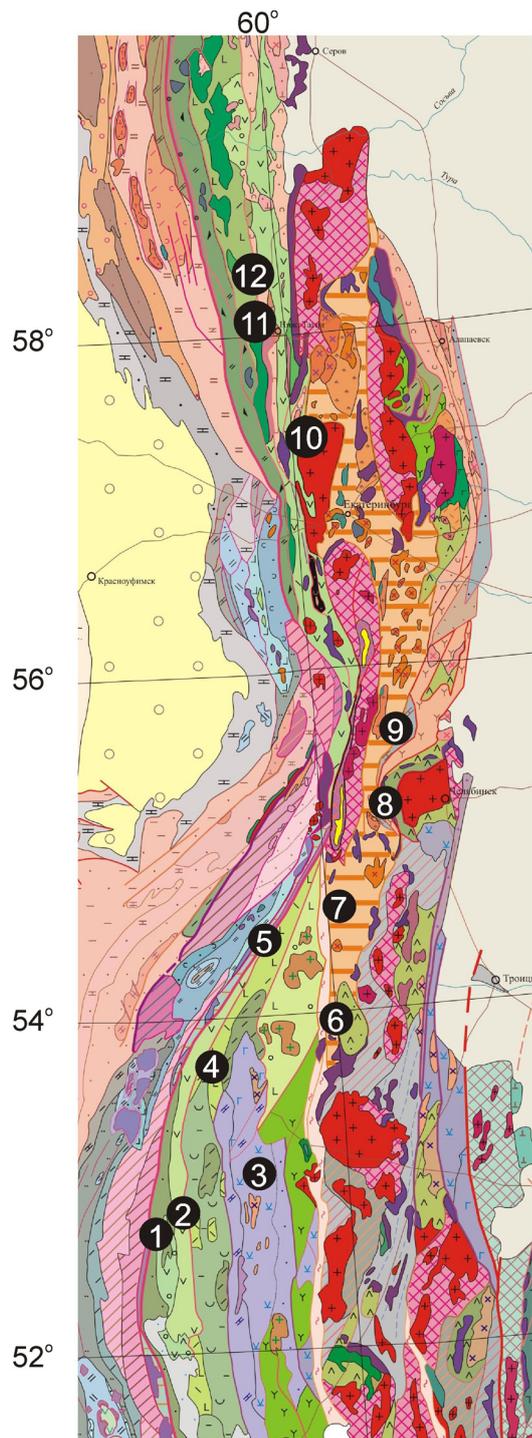


Рис. 1. Положение объектов маршрута совместной полевой экскурсии в структуре Урала (Геодинамическая карта Урала, масштаб 1 : 2 500 000 [5]).

1 – Вознесенско-Присакмарская зона; 2 – Баймак-Бурибайская свита; 3 – Чекинский массив и березовская, греховская свиты; 4 – Худолазовская мульда; 5 – Неместорождение Малый Куйбас, Магнитогорский массив; 6 – Джабыкский массив; 7 – Степнинский массив; 8 – Светлинское золоторудное месторождение; 9 – Челябинский массив; 10 – Верх-Исетский массив; 11 – Туринская свита; 12 – Гороблагодатское Fe-месторождение, Тагило-Кушвинский массив.

(ВЕР). При орогенно-коллизийных событиях на островодужном фундаменте этой палеодуги в условиях интенсивных сдвигово-раздвиговых деформаций проявился магматизм и рудогенез, характерный для границ скольжения океанических и континентальных литосферных плит.

В пределах Магнитогорской мегазоны были проведены экскурсии на геологические объекты Вознесенско-Присакмарской, Западно-Магнитогорской и Восточно-Магнитогорской зон (руководители: А.М. Косарев, Д.Н. Салихов, В.В. Холоднов).

Вознесенско-Присакмарский пояс представляет собой зону серпентинитового меланжа в составе полихронной аккреционной призмы. В составе этого пояса присутствуют пластины серпентинизированных ультрабазитов, олистостромов, пластины и блоки океанических базальтов с прослоями кремнистых пород, датированных ордовиком и силуром. Участники экскурсии познакомились здесь с частью разреза глубоководного желоба в пределах полихронной аккреционной призмы (рис. 1, пункт 1), который представлен офиолито-кластовым олистостромовым горизонтом в виде фрагментов разрезов серпентинитовых, габброидных и кремнисто-обломочных брекчий, гравелитов, песчаников – эдафогенных обломочных пород глубоководного палеожелоба. По составу габброидов и возрасту (D_{2ef}) обломков кремнистых пород из верхней части олистостромовой толщи этот горизонт сопоставляется с баймак-бурибайевской свитой (D_{1e2}) Западно-Магнитогорской зоны. Вероятно в эмсе произошел вывод серпентинитов на дно желоба, их разрушение и формирование серпентинитокластовых конглобрекчий, гравелитов и песчаников.

В Западно-Магнитогорском палеовулканическом поясе участники экспедиции были ознакомлены с разрезом бурибайского вулканического комплекса толеит-бонинитовой серии ранней стадии формирования фронтальной энсиматической колчеданосной островной дуги – потоками марианит-бонинитовых пиллоу-лав ($b-br_1^2$), контактом пиллоу-базальтов с эффузивными кислыми породами ($b-br_1^3$), вулканическими брекчиями кислого состава, дайками базальтов, прорывающих эффузивные дациты и риодациты (рис. 1, пункт 2).

Каменноугольный магматизм в Западно-Магнитогорской зоне проявлен в Худолазовской синклинали (рис. 1, пункт 4), где представлен тремя интрузивными комплексами: басаевским комплексом габбро-долеритов, кизильской долерит-риолитовой дайковой ассоциацией и худолазовским никеленосным комплексом габброидов, диоритов, долеритов, в состав которого также входят роговообманковые перидотиты (шприсгеймиты). Возраст Худолазовских габброидов 328–324 млн. лет определен $U-Pb$ методом по циркону, что хорошо сопоставимо с возрастом габбро-гранитной

Магнитогорской серии (~330 млн. лет) Восточно-Магнитогорской зоны. Магматизм Западно-Магнитогорской зоны завершают дайки габбро-долеритов, долеритов и спессартитов, контролирующих месторождения золото-кварцевого типа.

В Восточно-Магнитогорской зоне одним из важных объектов экскурсии был карьер месторождения магнетитовых руд М. Куйбас, который вскрывает, в том числе, и фаменские толщи трахибазальтов, трахиандезитов и трахидацитов, связанных с инверсионным этапом смены островодужного режима на переходный к орогенному (рис. 1, пункт 5).

В начале раннего карбона коллизия островной дуги с краем континента сопровождалась в Восточно-Магнитогорской зоне сдвигово-раздвиговыми деформациями с заложением в центральной ее части Магнитогорско-Богдановского грабена (структуры "pull apart") [8]. В пределах последнего базальтовая вулканическая деятельность проявилась как в связи с локальными сдвиго-раздвигами, так и со стратовулканами на плечах раздвигов. Базальты трещинного излияния формировались на протяжении всей вулканической деятельности по верхнее виле включительно, что подтверждено фаунистическими остатками. Продукты вулканизма раздвиговых зон и вулканов центрального типа хорошо вскрыты в крутых берегах р. Урал и ее притоков, что и было продемонстрировано участникам экспедиции.

В конце верхнего виле в Восточно-Магнитогорской зоне вулканическая деятельность завершилась, сменившись интрузивным габбро-гранитным магматизмом. При этом большая часть массивов проявилась в границах грабена (магнитогорский габбро-гранитный комплекс). Габбро-гранитные массивы Магнитогорской серии представлены несколькими типами габброидов и гранитоидов. С ранними габброидами связано высокотитанистое титаномагнетитовое оруденение (месторождение Малый Куйбас), а с более поздней – габбро-гранитной серией – крупное скарново-магнетитовое оруденение (Магнитогорская группа железорудных месторождений).

Кислые образования верхнего виле в Восточно-Магнитогорской зоне представлены Чекинским стратовулканом, образованным разнообразными туфами, в том числе, смешанного состава. Особый интерес всех участников экспедиции вызвал Чекинский интрузив щелочных гранитоидов (рис. 1, пункт 3), верхний возрастной предел формирования которого определяется фактом прорывания их дайкой риолит-порфиров с **Rb-Sr** возрастом 304 млн. лет и содержащих циркон с возрастом $315-318 \pm 5.0$ млн. лет.

Этой же тектоно-магматической обстановке (скольжению плит) была посвящена экспедиция в Тагильскую мегазону Среднего Урала, где еще в позднем силуре–начале раннего девона, в связи с более ранним временем приращения силурийской

Тагильской палеодуги к краю ВЕП, был проявлен однотипный с Магнитогорской мегазоной магматизм и рудогенез [12]. Начало трансформного геодинамического режима начинается здесь [6] с формирования позднесилурийской гороблагодатской толщи и трахитов позднесилурийско-раннедевонской туринской свиты, которые являются рудовмещающими для крупных скарново-магнетитовых месторождений, связанных с гипабиссальными массивами габбро-диорит-сиенитового состава тагилокушвинского интрузивного комплекса. Соответственно, объектами экспедиции явились валунные лавы и туфы трахитов туринской свиты, а также фрагменты дайки нефелиновых сиенитов, прорывающих сиениты Кушвинского рудоносного массива и карьер отработанного Гороблагодатского скарново-магнетитового месторождения (рис. 1, пп. 11, 12).

Тесное сочленение в сложении Уральского эпиконтинентального орогена Магнитогорского и Тагильского мегаблоков, формирующихся в палеозойском океане в разное время и на значительном удалении друг от друга, предполагает крупные горизонтальные их перемещения с проявлением процессов тектонического сучивания, аккреции, коллизии и скольжения литосферных плит.

Участники экспедиции также познакомились с действующим карьером Светлинского золоторудного месторождения, находящегося в сдвигово-надвиговой зоне, развитой вдоль западного края Кочкарского антиклинория (рис. 1, п. 8, рис. 2).

В рамках проекта *"Магматизм, метаморфизм и рудогенерирующий потенциал алтаид и уралид"* (научные руководители: А.Г. Владимиров, Т.А. Осипова, ак. МОН РК Б.А. Дьячков) основное внимание было уделено средне- и позднепалеозойскому гранитоидному магматизму, локализованному в пределах Восточно-Уральского поднятия – Главной гранитной оси Урала, где были осмотрены Верх-Исетский (D_3-C_2/P_1), Челябинский (D_3-P_3), Степнинский (P_1) и Джамбыкский (P_{1-2}) плутоны (рис. 1, пункты 6–10). Эти интрузивные образования Южного и Среднего Урала имеют уверенные возрастные аналоги на Алтайской активной континентальной окраине Сибирского палеоконтинента, где они представлены двумя петрографическими провинциями: а) в Горном Алтае преимущественное развитие имеют гранитоидные батолиты позднедевонско-раннекарбонного возраста, б) в Рудном Алтае – каменноугольно-пермского возраста. В пределах Восточно-Уральского поднятия гранитоиды обоих возрастных уровней локализуются, как правило, в единых локальных структурных зонах и даже единых интрузивах – крупных полихронных батолитах, период формирования которых составляет около 100 млн. лет (например, Верх-Исетский, Челябинский, Суундукский и др.). При этом формирование ранних и поздних плутонических комплексов,



Рис. 2. Участники полевой экскурсии на борту карьера Светлинского золоторудного месторождения.

образующих полихронные батолиты, связано с различными геодинамическими режимами (соответственно, субдукционным и коллизионным). В пределах Алтайского сегмента литосферы формирование разновозрастных интрузивных ассоциаций связано с процессами “мягкой” косо́й коллизии при закрытии Чарского палеоокеана. Кроме того, одним из важных объектов исследования, несомненно, является проблемный в отношении изотопного датирования среднетриасовый (?) [9] кисинетский гипабиссальный комплекс лейкогранит-порфиров, сопоставимых по вещественному составу с триасовыми онгонитами Калба-Нарымской зоны Алтая. Подтверждение среднетриасового возраста гранитоидов кисинетского комплекса позволит наметить корреляцию магматических образований алтаид и уралид в перми–триасе.

Основные выводы по результатам экспедиции делать пока преждевременно, однако полученный геокартографический и геологический материал после проведения будущих детальных петрологических и изотопно-геохронологических исследова-

ний позволит уточнить роль плейт- и плюм-тектонических факторов в магмо- и рудогенезе крупных сегментов земной коры (на примере уралид, алтаид и Дальнего Востока России). Результаты экспедиции, рабочих совещаний и дискуссий сводятся к следующему:

1. Механизм отрыва субдуцированной океанической литосферной плиты является универсальным для объяснения специфики магматизма и рудогенеза в окраинно-континентальных геодинамических обстановках и на ранних стадиях коллизии. Его отражением на разноглубинных уровнях земной коры являются “астеносферные окна” (slab-window’s). В противоположность им крупные изверженные провинции (LiP’s), **которые формируются во внутриплитных (анорогенных) обстановках** связаны с глубинными термохимическими плюмами, и их взаимодействие с океанической и континентальной литосферой, вероятнее всего, происходило автономно.

2. Наиболее сложными являются постколлизионные геодинамические обстановки, характеризую-

ющиеся широким развитием разнообразного “пестрого” мантийного и корового магматизма. Приходится констатировать, что для этого режима четких диагностических критериев различия “slab-window’s” и “LiP’s” пока не существует. Ключевыми моментами в решении этой проблемы являются: а) оценки масштабов структур и длительности их формирования (термохронология); б) роль протолита (ювенильной коры) и глубинных флюидов, определяющих изотопно-геохимические “метки” мантийных и коровых резервуаров, а также характер мантийно-корового взаимодействия.

Решение этих вопросов является необходимой и достаточной базой для постановки и проведения будущих геолого-геофизических исследований и кардинального решения вопросов плейт-плюм-тектоники. В региональном плане следует особо подчеркнуть роль Сихотэ-Алиня и Камчатки (Дальний Восток России), Большого Алтая (Россия–Восточный Казахстан) и Урала, которые следует рассматривать как геодинамические полигоны при решении задач геодинамики, магматизма и металлогении.

Авторы и другие участники экспедиции благодарят директора Института геологии и геохимии УрО РАН академика С.Л. Вотякова, а также технический персонал, приложивший огромные усилия для успешного проведения экспедиции. Выражаем благодарность гл. науч. сотр. д.г.-м.н. Г.Б. Ферштатеру, вед. науч. сотр. В.Н. Смирнову, ст. науч. сотр. Г.А. Петрову за консультации и практические рекомендации при подготовке и проведении данной геологической экскурсии.

Финансовая поддержка экспедиции осуществлялась за счет партнерских интеграционных проектов: проекты УрО РАН № 12-С-5-1036, 12-С-5-1022, 12-П-5-2015; проекты СО РАН № 17, 77, 123, ОНЗ 10.3, проекты ДВО РАН № 12-П-СЦ-08-029, а также проекта ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России 2012–2013 гг.” (проект № 2012-1.2.1-12-000-2008-8340).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимиров А.Г., Изох А.Э., Поляков Г.В. и др. Габбро-гранитные интрузивные серии и их индикаторное значение для геодинамических реконструкций // *Петрология*. 2013. Т. 21, № 2. С. 177–201.
2. Добрецов Н.Л., Борисенко А.С., Изох А.Э., Жмодик С.М. Термохимическая модель пермотриасовых мантийных плюмов Евразии как основа для выявления закономерностей формирования и прогноза медно-никелевых, благородно- и редкометалльных месторождений // *Геология и геофизика*. 2010. Т. 51, № 9. С. 1159–1187.
3. Косарев А.М., Пучков В.Н., Серавкин И.Б. Петролого-геохимические особенности раннедевонско-эйфельских островодужных вулканитов Магнитогорской зоны в геодинамическом контексте // *Литосфера*. 2005. № 4. С. 22–41.
4. Мартынов Ю.А., Ханчук А.И. Кайнозойский вулканизм Восточного Сихотэ-Алиня: результаты и перспективы петрологических исследований // *Петрология*. 2013. Т. 21. № 1. С. 94–108.
5. Нечухин В.М., Душин В.А., Оловянишников В.Г. Палеогеодинамические ассоциации и тектоно-геодинамические элементы Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии: объяснительная записка к Геодинамической карте Урало-Тимано-Палеоазиатского сегмента Евразии масштаба 1 : 2 500 000 Екатеринбург: УрО РАН; УГГУ, 2009. 158 с.
6. Петров Г.А. К проблеме диагностики синдвиговых палеобассейнов: позднесилурийско-раннедевонские толщи Тагильского прогиба // *Приоритетные и инновационные направления литологических исследований: мат-лы 9 Уральского литолог. совещ.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. С. 126–128.
7. Попов В.С., Изох Э.П., Ферштатер Г.Б. Корреляция герцинских интрузивных серий Южного Урала, Тянь-Шаня, Центрального Казахстана и Юго-Западного Алтая // *Геология и геофизика*. 1975. № 7. С. 60–71.
8. Салихов Д.Н. Средне-позднепалеозойская коллизийная история развития Магнитогорского мегасинклинория. Автореф. дис. ... док. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1997. 86 с.
9. Тевелев А.В., Попов В.С., Кошелева И.А., Беляцкий Б.В. Среднетриасовые гранит-порфиры Южного Урала: геология, геохимия, изотопный состав и геодинамическая интерпретация // *Геодинамика формирования подвижных поясов Земли: мат-лы междунар. науч. конф.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 313–316.
10. Хаин В.Е., Тычков С.А., Владимиров А.Г. Коллизийный орогенез: модель отрыва субдуцированной пластины океанической литосферы при континентальной коллизии // *Геология и геофизика*. 1996. Т. 37, № 1. С. 5–16.
11. Ханчук А.И., Голозубов В.В., Мартынов Ю.А., Симаненко В.П. Раннемеловая и палеогеновая трансформные континентальные окраины (калифорнийский тип) Дальнего Востока России // *Тектоника Азии*. М.: ГЕОС, 1997. С. 240–243.
12. Холоднов В.В., Шагалов Е.С. Минералогические и геохимические критерии рудоносности гранитоидов Уральского эпикоеанического орогена // *Гранитоиды: условия формирования и рудоносность: мат-лы науч. конф.* Киев: ИГМР НАН Украины, 2013. С. 139–141.

*В.В. Холоднов, Т.А. Осипова, Е.С. Шагалов,
Д.Н. Салихов, А.Н. Косарев, А.И. Ханчук,
Ю.А. Мартынов, А.Г. Владимиров, Н.Н. Крук,
И.Ю. Анникова, А.Б. Перепелов*