

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ, МАГМАТИЗМЕ
И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ СИБИРСКОГО КРАТОНА
И ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Н.В. Соболев^{1,2}, В.Ю. Фридовский³

¹ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

³ Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, просп. Ленина, 39, Россия

В настоящем специальном выпуске журнала «Геология и геофизика» представлены статьи, посвященные различным аспектам изучения геологического строения, геодинамики, магматизма и полезных ископаемых Северо-Востока России. Данная территория уникальна возможностью изучения не только геологических процессов возрастом от 2.6 млрд лет до настоящего времени, но и разнообразных крупных, а также исключительных месторождений полезных ископаемых. В федеральной целевой программе «Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года» отмечается важное значение макрорегиона для социально-экономического развития и национальной безопасности России. Освоение минерально-сырьевых ресурсов Северо-Востока России — важнейшая и вместе с тем весьма сложная задача. Одним из направлений повышения эффективности и сокращения сроков освоения ресурсов является разработка рекомендаций приоритетных направлений геолого-разведочных работ, основанных на результатах фундаментальных и поисковых научных исследований. Состояние исследований по этой проблеме и полученные в последние годы результаты были рассмотрены в докладах на Всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России», которая состоялась в Якутске в 2017 г. и была посвящена 60-летию создания Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН [Геология..., 2017]. Значительная часть статей выпуска журнала подготовлена на основе докладов, заслушанных на конференции. Номер продолжает специальные выпуски журнала, в частности, весьма востребованными являются публикации 2010 г. (т. 51, № 1), посвященные геологии и минерально-сырьевым ресурсам Арктики.

Специальный выпуск начинается с раздела, посвященного проблемам геологии и геодинамики Северо-Востока России. В первых двух статьях освещены различные аспекты геологии и моделей формирования Вилуйского палеорифта. Новые данные о базитах Вилуйского палеорифта, их геохимия и последовательность становления рассматриваются в работе *М.Д. Томишина* с соавторами [2018]. Показано, что базиты Вилуйского палеорифта формировались на протяжении ~ 18 млн лет (380.7—362.0 млн лет) в ходе длительного плюм-литосферного взаимодействия в восстановительной обстановке при температурах 1450—1470 °С. Авторами предполагается, что становление и раскрытие Вилуйского палеорифта связано с разворотом в раннефаменское время Ангаро-Анабарского геоблока относительно Алданского, эйлеровый центр вращения находился в южной части рифтовой структуры, а зона плавления располагалась непосредственно под рифтом.

В статье *О.П. Полянского* с соавторами [2018] на основе данных о возрасте дайковых поясов и численного моделирования установлена природа теплового источника базитового магматизма при формировании Вилуйского рифта. Авторами предложена комбинированная модель, совмещающая механизмы внутриплитного растяжения (пассивный рифтогенез) и мантийного магматического диапира (активный рифтогенез).

Тема возрастных рубежей и геодинамических обстановок формирования рудных и магматических объектов Верхояно-Колымской складчатой области рассматривается в статье *А.В. Прокопьева* с коллегами [2018]. На основании полученных авторами новых ⁴⁰Ar/³⁹Ar и U-Pb изотопно-геохронологических результатов впервые установлено время формирования ключевых рудных объектов, предложена корреляция тектономагматических и геодинамических событий и рудогенеза, а также актуализирована схема

металлогенического районирования Восточной Якутии. Обосновывается формирование месторождений юго-восточной части Верхояно-Черского орогенного пояса, тяготеющих к зоне Адыча-Тарынского разлома, на заключительных этапах коллизии Сибирского (Северо-Азиатского) кратона и Колымо-Омолонского микроконтинента и, вероятно, на ранних стадиях коллапса Верхояно-Черского орогена. Образование Северо-Верхоянского металлогенического пояса связывается с влиянием аккреционно-коллизийных процессов формирования Новосибирско-Чукотского орогенного пояса в середине мела. Месторождения Южного Верхоянья объединены в Верхояно-Охотский металлогенический пояс, его развитие связано с образованием Южно-Верхоянского орогенного пояса во второй половине раннего мела.

Раздел завершается статьей *Н.С. Тычкова* [2008], в которой по результатам изучения нескольких тысяч минеральных включений из кимберлитов получены новые данные о мезозойской литосферной мантии северо-восточной части Сибирской платформы. Исследовались гранаты и клинопироксены из концентратов тяжелой фракции кимберлитов триасового и юрского возрастов, включая алмазоносные трубки Малокуонапская и Дьянга, а также микросенолиты, представленные сростками указанных минералов. Изотопное $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование образцов ксеногенного флогопита из юрской тр. Дьянга показало возрасты 384.6, 432.4 и 563.4 млн лет, что свидетельствует о нескольких этапах метасоматического воздействия на литосферу. В отличие от палеозойских кимберлитов тр. Удачная, полученные датировки не относятся к древним эпохам, что может свидетельствовать о более позднем проявлении этапов древнего метасоматоза в литосфере на окраине платформы по сравнению с центральной частью. Сопоставление минералогии близкорасположенных палеозойских кимберлитовых трубок — Удачной, являющейся высокоалмазным разрабатываемым месторождением, и безалмазной тр. Загадочная, характеризующихся похожими особенностями состава кианитовых эклогитов и гроспидитов, но отличающихся по *PT*-условиям образования, подтверждает предположение об их внедрении с разных уровней литосферной мантии.

В следующем разделе выпуска приведены статьи, где рассматриваются новые данные, полученные при изучении и освоении проявлений золота, платино-хромитовой и редкоземельной минерализации, алмазов и нефти.

В статье *Г.Н. Гамянина* с соавторами [2018] приводятся результаты изучения геохимии стабильных изотопов, флюидного режима и условий рудообразования Адыча-Тарынской металлогенической зоны, одной из наиболее продуктивных на благороднометалльное оруденение на Северо-Востоке России. Авторами охарактеризованы различные типы благороднометалльной минерализации — гидротермально-метаморфогенная, золотовисмутовая, золотокварцевая, золотосурьмяная и серебросурьмяная. Приводятся новые данные по изотопному составу кислорода кварца, серы сульфидов, кислорода и углерода карбонатов разных типов минерализации, а также результаты микротермометрических исследований и валового анализа флюидных включений. Полученные результаты, по мнению авторов, свидетельствуют о ведущей роли магматогенных флюидов при формировании золотовисмутовых и золотосурьмяных месторождений, для золотокварцевых месторождений возрастает роль метаморфогенных флюидов, а в формировании серебросурьмяных месторождений участвуют метеорные воды.

В работе *Л.А. Кондратьевой* с соавторами [2018] на основе изучения региональной позиции, вещественного состава руд, флюидных включений, возрастных взаимоотношений оруденения и магматических пород предложена геолого-генетическая модель формирования золотого оруденения месторождения Задержнинское. Детально рассмотрена минералогия Au-кварцевой с ранней слабозолотоносной Au-As и поздней продуктивной Au-Pb-Zn, Au-редкометалльной и Au-серебряной минерализации. Установлены физико-химические условия рудообразования и связь с тектономагматическими событиями в Южном Верхоянье. Авторами сделан вывод о формировании месторождения в результате сложного многоэтапного геодинамического развития Южного Верхоянья. Раннее стратоидное Au-кварцевое (Au-As) оруденение месторождения имеет возраст >137 млн лет. Время образования Au-кварцевого (Au-Pb-Zn) оруденения определено в 123.5 ± 1.6 млн лет (Ar/Ar) и синхронно с внедрением раннемеловых гранитоидов Южного Верхоянья. Наложенные золоторедкометалльная и золотосеребряная минерализации имеют более молодой возраст [Кондратьева и др., 2018].

Минералого-геохимические особенности пород Инаглинского массива дунит–щелочно-габброидного состава с платинохромитовой и уникальной ювелирной хромдиопсидовой минерализацией рассматриваются в статье *А.В. Округина* с соавторами [2018]. Показано, что породы Инаглинского массива образуют единую непрерывную комагматическую серию, что подтверждается зависимостью состава оливина, пироксена, флогопита и хромшпинелидов от содержания MgO в породах, а также поведением микроэлементов в этих породах. По мнению авторов, сходство составов пироксенов и спектров распределения микроэлементов в клинопироксенитовых породах и хромдиопсидовых жилах указывает на генетическую близость данных пород, а исходным расплавом, формировавшим Инаглинский массив, являются высококалийевые пикритоиды.

В работе *З.С. Никифоровой* с соавторами [2018] охарактеризованы индикаторные признаки россыпного золота и их использование при прогнозировании формационных типов золоторудных месторождений на примере востока Сибирской платформы. Авторами обосновывается наличие на востоке Сибирской платформы малосульфидной золото кварцевой, золотожелезисто-кварцевой, золотомедно-порфировой и золотоплатиноидной формаций докембрийского возраста, а также золотосеребряной, золоторедкометалльной и золотосульфидно-кварцевой формаций мезозойского этапа рудообразования, которые являются источником россыпей золота.

Е.В. Лазаревой с коллегами [2018] обсуждаются особенности состава нодулярного монацита северо-западной части Кулар-Нерского пояса, даются оценки его возраста и источника. В работе показано, что на распределение основных лантаноидов в нодулярном монаците одновременно влияют Eh-pH условия среды и температура, а образование монацита происходит за счёт дегидратации соединения $\text{LnPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. По мнению авторов, источником редкоземельных элементов, обогативших породы Кулар-Нерского сланцевого пояса, были богатые руды массива Томтор, а монацит переносился пермской речной системой ПалеоХатанги субширотного простирания [Лазарева и др., 2018].

Исследование ассоциации хромшпинелидов из верхнетриасовых гравелитов северо-востока Сибирской платформы *Е.И. Николенко* с соавторами [2018] позволило выделить две доминирующие разновидности хромшпинелидов и установить корреляцию в распределении по площади выделенных типов хромшпинелидов с разновидностями алмазов, характерными для кимберлитового типа источника, и округлыми додекаэдрами. Изучен фазовый и химический состав полифазных включений в хромшпинелидах. По совокупности полученных данных в качестве источника доминирующей разновидности хромшпинелидов предполагаются многочисленные поздневендские трубки взрыва калиевых щелочных базитов, расположенные в районе Оленекского поднятия.

Н.В. Соболевым с соавторами [2018] особое внимание уделено особенностям минералогии кимберлитов триасового и юрского возрастов, включая оценку влияния на состав литосферы главного этапа внедрения Сибирской трапповой провинции, имеющей возраст 252 млн лет и внедрившейся в течение менее 1 млн лет. С этой целью привлечены материалы по триасовым алмазоносным кимберлитам, в частности, тр. Малокуонапская Куранахского поля с содержанием алмазов, приближающимся к промышленному, и слабоалмазоносных трубок Харамайского поля. На основании сравнительного изучения характера распределения примесей Ti, Ca, Cr, Al примерно в 1000 вкрапленников оливина мезозойских и палеозойских кимберлитов продемонстрировано влияние траппов на состав литосферы в интервале от 350 до 245—226 млн лет. Предприняты сравнительные комплексные исследования алмазов из ряда северных россыпей и триасовых кимберлитов, включая определение изотопного состава углерода. Подтверждено преобладание в россыпях изотопно-легких алмазов. Представительные определения U/Pb изотопного возраста цирконов из базального алмазоносного горизонта карнийского яруса показали четкое преобладание цирконов триасового возраста.

Согласно результатам хромато-масс-спектрометрического анализа, впервые примененного к алмазам северных трубок и россыпей, в составе летучих из флюидных включений в алмазе триасовой тр. Поздняя и двух типичных алмазах I разновидности из россыпей установлены преобладающие углеводороды широкого спектра составов наряду с подчиненным значением N_2 , H_2O и CO_2 . Учитывая ранее полученные результаты находок субкальциевых Cr-пиропов и алмазов в палеозойских гравелитах Кютюнгдинского прогиба, сделан вывод о вероятности находок алмазоносных кимберлитов палеозойского возраста, не исключая возможности выявления алмазоносных триасовых кимберлитов, признаки которых присутствуют в базальном горизонте карнийского яруса по данным состава пиропов и преобладающему возрасту цирконов.

В.А. Каширцевым с соавторами [2018] изучены состав и распределение фенантронов хлороформных экстрактов из рассеянного органического вещества глинистых, кремнистых и карбонатных пород различного возраста и фашиальной принадлежности, а также ряда наиболее типичных нефтей Сибирской платформы. Показаны возможные пути образования фенантроновых углеводородов-биомаркеров. Предложена новая модель для диагностики типа исходного органического вещества пород и генотипа генерированных им нефтей.

Включенные в специальный выпуск статьи содержат новые оригинальные данные по геологии, геодинамике и металлогении Северо-Востока России. Полученные результаты позволяют глубже понять геологические и рудогенерирующие процессы, по-новому подойти к перспективной оценке и освоению далеко не раскрытого ресурсного потенциала огромной территории.

ЛИТЕРАТУРА

Гамянин Г.Н., Фридовский В.Ю., Викентьева О.В. благороднометалльная минерализация Адыча-Тарынской металлогенической зоны: геохимия стабильных изотопов, флюидный режим и условия рудообразования // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1586—1605.

Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 5—7 апреля 2017 г. В 2 т. Якутск, Издательский дом СВФУ, 2017, т. 1, 487 с.; т. 2, 616 с.

Каширцев В.А., Парфенова Т.М., Головки А.К., Никитенко Б.Л., Зуева И.Н., Чалая О.Н. Биомаркеры-фенантроны в органическом веществе докембрийских и фанерозойских отложений и в нефтях Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1720—1729.

Кондратьева Л.А., Анисимова Г.С., Зайцев А.И. Задержнинское золоторудное месторождение: минеральный состав, флюидные включения, возраст формирования (Южное Верхоянье) // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1606—1622.

Лазарева Е.В., Жмодик С.М., Прокопьев А.В., Карманов Н.С., Сергеенко А.И.

Нодулярный монацит из россыпей Куларского кряжа (Арктическая Сибирь, Россия) — состав, оценки возраста // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1658—1679.

Никифорова З.С., Герасимов Б.Б., Глушкова Е.Г., Каженикина А.Г. Индикаторные признаки россыпного золота как показатель прогнозирования формационных типов золоторудных месторождений (восток Сибирской платформы) // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1643—1657.

Николенко Е.И., Логвинова А.М., Изох А.Э., Афанасьев В.П., Олейников О.Б., Биллер А.Я. Ассоциация хромшпинелидов из верхнетриасовых гравелитов северо-востока Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1680—1700.

Округин А.В., Борисенко А.С., Прокопьев И.Р., Журавлев А.И. Минералого-геохимические и возрастные характеристики пород Инаглинского массива дунит-клинопироксенит-шонкинитов с платинохромитовой и хромдиопсидовой минерализацией (Алданский щит) // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1623—1642.

Полянский О.П., Прокопьев А.В., Королева О.В., Томшин М.Д., Ревердатто В.В., Бабичев А.В., Свердлов В.Г., Васильев Д.А. Природа теплового источника базитового магматизма при формировании Вилюйского рифта на основе данных о возрасте дайковых поясов и численного моделирования // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1519—1543.

Прокопьев А.В., Борисенко А.С., Гамянин Г.Н., Фридовский В.Ю., Кондратьева Л.А., Анисимова Г.С., Трунилина В.А., Васюкова Е.А., Иванов А.И., Травин А.В., Королева О.В., Васильев Д.А. Возрастные рубежи и геодинамические обстановки формирования месторождений и магматических образований Верхояно-Колымской складчатой области // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1542—1563.

Соболев Н.В., Соболев А.В., Томиленко А.А., Кузьмин Д.В., Граханов С.А., Батанова В.Г., Логвинова А.М., Бульбак Т.А., Костровицкий С.И., Яковлев Д.А., Федорова Е.Н., Анастасенко Г.Ф., Николенко Е.И., Толстов А.В., Реутский В.Н. Перспективы поисков алмазоносных кимберлитов в северо-восточной части Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1701—1719.

Томшин М.Д., Копылова А.Г., Константинов К.М., Гоголева С.С. Базиты Вилюйского палеорифта. Геохимия и последовательность становления // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1503—1518.

Тычков Н.С., Юдин Д.С., Николенко Е.И., Малыгина Е.В., Соболев Н.В. Мезозойская литосферная мантия северо-восточной части Сибирской платформы по данным включений из кимберлитов // Геология и геофизика, 2018, т. 59 (10), с. 1564—1585.

Поступила в редакцию

9 июля 2018 г.