

1. Bogdevičius Marijonas, Janutėnienė Jolanta, Didžiokas Rimantas and others/ Mathematical modeling of oil transportation by pipelines using anti-turbulent additives // Journal of Vibroengineering; Mar2013, Vol. 15 Issue 1, p419.
2. Lumley J.F. Drag reduction by additives / J.F. Lumley // J. Fluid Mech. – 1969. – P. 367–384.
3. Toms B.A. Some observations on the flow of linear polymer solutions through straight tubes at large Reynolds numbers / B.A. Toms // In Proceedings of the 1st International Congress on Rheology. V. 2. North Holland, 1949. – P. 135–141.
4. Богдевич В.Г., Кобец Г.Ф. и др. Некоторые вопросы управления пристенными течениями // Журнал прикладной механики и технической физики. № 5, 1980. - стр. 99 – 109.
5. Бубенчиков А.М., Харламов С.Н. «Математические модели неоднородной анизотропной турбулентности во внутренних течениях». Томск: Изд-во ТГУ, 2001. 440 с.
6. Воскобойник В.А., Гринченков В.Т., Макаренко А.П. Снижение гидродинамических шумов растворами высокомолекулярных полимеров // Акустический вестник (Акустичний вісник, укр.), 10, № 2, с. 33-42 (2007).
7. Корнилов В.И. Проблемы снижения турбулентного трения активными и пассивными методами (обзор) // Теплофизика и аэромеханика, 2005, №2, стр.183-208.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов. – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
9. Рахматуллин Ш.И. О турбулентном течении слабоконцентрированных растворов полимеров в трубопроводах / Ш.И. Рахматуллин, М.М. Гареев, Д.П. Ким // Нефтегазовое дело. – 2005. – [Электронный журнал]. – Режим доступа: http://www.ogbus.ru/authors/Rahmatullin/Rahmatullin_1.pdf – Загл. с экрана.
10. Тарасов М.Ю., Южаков И.С., Классен В.В. Промысловые исследования антитурбулентных присадок для повышения пропускной способности нефтепроводов, транспортирующих тяжелые нефти/ Нефтяное хозяйство, трубопроводный транспорт нефти: 10/2011, стр.117-119.

**Минералого-петрогеохимические черты мафит-ультрамафитовых массивов
нижнедебинского комплекса Восточного Саяна как критерии их
формационной принадлежности и металлогенической специализации**

Дудко А.А.
tomasstik@yandex.ru

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Черкасова Т.Ю., Национальный
исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Введение. Актуальность и необходимость исследований мафит-ультрамафитовых комплексов, являющихся одним из основных источников добычи платиновых металлов, а также концентрирующих в себе широкий спектр полезных ископаемых, главным образом, никеля и меди, определяется необходимостью познания особенностей их структурной и вещественной организации. Тела ультрамафитов

отличаются разнообразием форм, петрографическим и химическим составом, и лишь некоторые массивы обогащены рудными компонентами до промышленно-значимых концентраций. Геологическое положение интрузивов не позволяет определить их формационную принадлежность и разделить их на рудоносные и безрудные, поэтому оценку потенциальной рудоносности следует давать на основе петролого-геохимических особенностей пород, слагающих массивы, а также изучения их внутреннего состава и строения. На территории Дербинской площади (Восточного Саяна) при проведении ранее геолого-съёмочных и прогнозно-металлогенических работ были выявлены многочисленные тела ультрамафитовых и мафит-ультрамафитовых интрузий, в которых неоднократно отмечалась рудная минерализация меди, никеля и благородных металлов [1]. Однако к настоящему времени выявленные мафит-ультрамафитовые массивы остаются слабо изученными и их формационная принадлежность требует доизучения.

Т.Я. Корневым, А.П. Романовым и др. массивы нижнедербинского комплекса рассматриваются как офиолиты позднеархейского интрузивного магматизма, проявившегося в Кузеевском зеленокаменном поясе [2]. А.Э. Изохом, Р.А. Шелепаевым и др. [3] породы комплекса считаются производными габбро-монцодиоритового магматизма Алтае-Саянской складчатой области (АССО). С.С. Сердком, А.И. Зверевым и др. не исключается факт присутствия одновременно позднерифейских и ордовикских габброидов в составе нижнедербинского комплекса [4]. *Дискуссии по принципиально важным вопросам структурной позиции, генезиса и металлогении массивов продолжаются до настоящего времени.*

Объекты исследования. В качестве объектов исследования выступают мафит-ультрамафитовые массивы нижнедербинского комплекса потенциально рудоносные на медь, никель, платину. Район расположения массивов находится в северо-западной части Восточного Саяна, в левобережье Красноярского водохранилища в междуречье рек Сисим, Кижарт, Дербина и Тубиль. Массивы комплекса приурочены к зоне Восточно-Саянского и Восточно-Кузбасского разломов и интродуцируют дербинскую и урманскую свиты раннего протерозоя и позднего рифея. Нижнедербинский интрузивный комплекс объединяет мафит-ультрамафитовые массивы, которые прослеживаются в виде широтного пояса протяженностью около 40 км в 100 км к югу от г. Красноярска.

Экспериментальная часть. С целью исследования вещественного состава пород Бурлакского и Нижнедербинского массивов, расположенных в центральной части нижнедербинского комплекса проведена диагностика минерального состава с помощью оптических, минералогических, химических и др. методов исследования. Для выделения породных групп проведена детальная петрографическая характеристика пород. Выявлены основные петрографические разновидности с уточнением состава главных породообразующих минералов (оливина, пироксенов, плагиоклазов). С целью проведения реконструкции термодинамических и тектонических условий формирования исследуемых массивов проведен петроструктурный анализ главных породообразующих минералов. Создан банк конкретных геохимических данных по породам изучаемых интрузий. Установлен формационный тип породных групп исследуемых массивов на основе интерпретации петрохимических данных. Определены типы рудной минерализации и формы

концентрирования полезных компонентов, позволяющих выделить и обосновать основные этапы рудогенеза и индикаторы металлоносности массивов.

Результаты и обсуждение. Бурлакский массив сложен ультрамафитами и гарброидами, в Нижнедербинском массиве встречаются только ультрамафиты. Ультрамафиты представлены преимущественно верлитами, вебстеритами и клинопироксенитами, при подчиненной роли аподунитовых и апогарцбургитовых серпентинитов. Вебстериты, клинопироксениты и верлиты между собой имеют постепенные переходы. Они сложены, главным образом, клинопироксеном, при небольших содержаниях оливина, ортопироксена и реже роговой обманки, количественные вариации между которыми определяют их различия. Формирование полосчатой серии ультрамафитов, очевидно, связано с фракционной кристаллизацией расплава в стационарной камере. Наличие в верхних горизонтах разреза роговообманковых пироксенитов и горнблендитов, в которых роговая обманка является первично магматическим минералом, свидетельствует о достаточно высокой водонасыщенности магматического расплава (превышающей 3%) на позднемагматической стадии кристаллизации. Верлиты и пироксениты обычно сохраняют свежий облик. В них вторичные изменения связаны обычно с замещением пироксенов тремолитом, актинолитом, либо уралитом, иногда с образованием псевдоморфоз. Оливин в них замещается петельчатым лизардитом. Дуниты и гарцбургиты в условиях формирования интрузии оказались неустойчивыми и полностью серпентинизированы, очевидно, в процессе автометасоматических процессов. Габброиды Бурлакского массива представлены преимущественно неизмененными лейкократовыми габброноритами и частично оливиновым габбро. Для них характерна офитовая, реже габбровая структура и трахитоидная текстура. Они претерпели интенсивные пластические деформации, что находит отражение в изгибе длиннопризматических кристаллов плагиоклаза, их рекристаллизации по краям и нередко дезинтеграции на отдельные субблоки.

Оливины из верлитов Бурлакского и Нижнедербинского массивов по своему составу соответствуют высокомагнезиальным хризолитам. В них с увеличением железистости возрастает содержание NiO. Близкая тенденция отмечается для оливинов из ультрамафитов Кингашского массива, расположенного восточнее в Канском зеленокаменном поясе. Значимые отличия наблюдаются для оливинов из исследуемых интрузий и метаморфических ультрамафитов Оспинского массива (офиолитовый комплекс ЮВ Восточного Саяна), в последних существенно ниже железистость при постоянно высоких содержаниях NiO. Подобная зависимость элементов в оливинах характерна для магматических пород, сформировавшихся в результате кристаллизационной дифференциации. Интересной особенностью клинопироксена в массивах нижнедербинского комплекса является тот факт, что он образует идиоморфные зерна на фоне остальных ксеноморфных минералов, в частности оливина. В верлитах, вебстеритах и клинопироксенитах по химическому составу он соответствует авгиту и диопсиду. Ортопироксен имеет широкие вариации по химическому составу: в ультрамафитах он отвечает бронзиту, а в габброноритах соответствует гиперстену, что в целом согласуется с процессами магматической дифференциации вещества.

По оптическим свойствам (углу симметричного погасания) и химическим свойствам плагиоклаз соответствует лабрадору и андезину. Зерна плагиоклаза иногда

слабо серицитизированы и пелитизированы. По трещинам в них наблюдаются буровато-желтые гидроокислы железа, зеленовато-желтые чешуйки хлорита и мелкие зерна карбонатов. Плагноклаз образует как крупные ленточные индивиды в габброноритах, формируя порфировидную структуру, так и мелкие зерна. Роговая обманка обнаруживают явный ксеноморфизм по отношению к индивидам оливина и клинопироксена и выполняют промежутки между ними. По химическому составу она, соответствует эденитовой роговой обманке, для которой характерны повышенная магнезиальность и щелочность. В Нижнедербинском массиве мономинеральные породы, сложенные магматической роговой обманкой венчают разрез расслоенной интрузии. *Присутствие* магматических горнблендитов повышенной щелочности, производных остаточного, пересыщенного флюидом пикробазальтовой расплава нередко отмечалось и для других расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов. Полученные результаты петрографического изучения подтверждают принадлежность Бурлакского и Нижнедербинского массивов к расслоенным мафит-ультрамафитовым интрузиям. Обязательным геологическим признаком, подтверждающим реститовую природу офиолитовых комплексов (реликтовых фрагментов древней океанической коры) являются их тектонические контакты с вмещающими породами, линзовидно-полосчатое и полосчатое строение с преобладающей дунит-гарцбургитовой породной ассоциацией. Напротив, в правом борту ручья Фадеева (левый приток р. Дербины) А.Э. Изохом [5] отмечены интрузивные контакты Бурлакского массива с вмещающими породами, где обнажаются такситовые неравнозернистые габброиды с крупными порфировыми выделениями плагноклаза, среди которых наблюдаются мелкие ксенолиты роговиков. Контакт Нижнедербинского массива со сланцами урманской свиты вскрывался канавой в районе ручья Безымянного. В непосредственном контакте сланцы оказались ороговикоманы [5]. По химическому составу породы нижнедербинского комплекса разделяются на три группы: ультрамафитовую (дуниты, верлиты), субультрамафитовую (клинопироксениты, вебстериты) и мафитовую (габбронориты, габбро) [6].

Выводы. Структурное изучение пород Бурлакского и Нижнедербинского массивов свидетельствует об активной динамической обстановке формирования массивов на завершающей стадии их формирования с образованием последовательно образовавшихся структурных элементов, синформных с породами обрамления. При этом отмечается, что наибольшему пластическому течению подвержены габброиды Бурлакского массива.

Установлено два типа рудной Cu-Ni-минерализации массивов: ранний (*первично-магматический*) и поздний (эпигенетический). Особенности химического состава рудных минералов (троилит, гексагональный пирротин, малоникелистый пентландит (Ni 33,2-34,7 мас. %), тетрагональный халькопирит) ранней ассоциации из перидотитов Бурлакского массива, отражают высокотемпературный низкосернистый характер ее формирования, что позволяет установить на современном уровне эрозионного среза средние горизонты интрузии. При этом, эпигенетический тип рудной минерализации, представленный преимущественно самородными фазами Fe, Ni и их сплавами, является более перспективным и экономически выгодным как с целью извлечения Ni из этих руд, так и возможном обнаружении платиноидов [7].

Таким образом, минералого-петрографические особенности пород исследуемых массивов позволяют предположить, что разнообразие вещественного состава этих массивов обусловлено процессами внутрикамерной магматической дифференциацией вещества. Петрохимические особенности пород отражают общую направленность эволюции магматического расплава от ультрамафитов к габброноритам. Породы Бурлакского и Нижнедербинского массивов по совокупности геологических, минералогических, петрографических и петрогеохимических данных являются производными единой магнезиальной системы, родоначальным расплавом для которой являлась высокомагнезиальная магма базальтового состава, очевидно, образовавшаяся при высокой степени частичного плавления метасоматизированной водой надсубдукционной мантии. В соответствии с этими выводами металлогеническая специализация массивов имеет медно-никелевый уклон.

Список литературы:

1. Еханин А.Г. Особенности геологического строения и рудоносности Бурлакского ультрабазит-базитового массива (Восточный Саян) / Филиппов Г.В., Аникеева А.Н. // Известия вузов. Сер. Геология и разведка. – 1991. Т. 9. – № 1 – С. 72–78.
2. Корнев Т.Я., Романов А.П., Еханин А.Г., Князев В.Н., Шарифулин С.К. Платиноносность зеленокаменных поясов Восточного Саяна и Енисейского кряжа // Платина России. – №5. – Москва. – 2004. – С 358-380.
3. Изох А.Э., Шелепаев Р.А., Лавренчук А.В., Бородин Е.В., Егорова В.В., Васюкова Е.А., Гладкочуб Д.П. Разнообразие кембро-ордовикских ультрабазит-базитовых ассоциаций Центрально-Азиатского складчатого пояса как отражение процессов взаимодействия плюма и литосферной мантии // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы научного совещания по Программе фундаментальных исследований. Иркутск. – 2005. – Т.1. – С.106-108.
4. Геология и перспективы сульфидного Pt-Cu-Ni оруденения Восточной части Алтае-Саянской складчатой области // С.С.Сердюк, В.А. Кирилко, Г.Р. Ломаева, В.Е. Бабушкин, А.В. Тарасов, А.И. Зверев. Отв. редактор С.С. Сердюк. – Красноярск: Издательство «Город», 2010 – 184с.
5. Изох А.Э., Каргополов С.А., Шелепаев Р.А., Травин В.А., Егорова В.В. Базитовый магматизм кембро-ордовикского этапа Алтае-Саянской складчатой области и связь с ним метаморфизма высоких температур и низких давлений // Актуальные вопросы геологии и минералогии юга Сибири: Материалы науч.-практ. конф. 31 окт.- 2 нояб. 2001 г. пос. Елань, Кемеровской обл., Новосибирск. Изд-во ИГиЛ СО РАН. 2001. С.68-72.
6. Черкасова Т.Ю., Чернышов А.И. Петрохимические особенности расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов нижнедербинского комплекса (СЗ Восточного Саяна) // Вестник Томского государственного университета – Томск, ТГУ, Науки о земле. – № 324. – 2009. – С 390-394.
7. Черкасова Т.Ю., Мазуров А.К., Чернышов А.И. Потенциальная рудоносность расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов нижнедербинского комплекса (СЗ Восточного Саяна) // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т.317, № 1: науки о Земле. С 20-27.