

## НОВЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА (К-AR МЕТОД) ИНТРУЗИВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НИЖНЕТАЕЖНОГО РУДНОГО УЗЛА (СЕВЕРНОЕ ПРИМОРЬЕ)

В Нижнетаежном многометалльном (Ag, Pb, Zn, Sn, As, Mo и др.) рудном узле распространены разнофациальные магматические образования, причисляемые к приморскому (турон–сенон), самаргинскому (маастрихт) и богопольскому (палеоцен) вулканоплутоническим комплексам. Новые определения возраста пород (К-Аг метод) интрузивных массивов подтверждают, что время их остывания приходится на палеоцен ( $64 \pm 1 \div 54 \pm 1$  млн лет, 4 анализа) и эоцен ( $47 \pm 2$  млн лет, 1 анализ), что указывает на обоснованность существующих представлений на историю формирования узла и вероятную металлогеническую специализацию магматических комплексов.

**Ключевые слова:** магматические комплексы; абсолютный возраст пород.

Нижнетаежный рудный узел (НТРУ), на площади которого выявлено олово-полиметалльно-серебряное, полиметалльно-серебряное и собственно серебряное оруденение [1], расположен в Центральном секторе Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса (ВСАВПП), сводный разрез которого иллюстрирует рис. 1. Напомним, что ВСАВПП – типоморфное звено Восточно-Азиатского окраинно-континентального вулканогена, реконструируемого А.И. Ханчуком [2] в качестве надсубдукционного. Другие его звенья известны под названиями Охотско-Чукотского, Пусанского, Юго-Восточно-Китайского поясов [3]. При определенном своеобразии все они обладают такими общими признаками, как многоэтапность формирования, большая протяженность и мощность вулканических накоплений среднеосновного, кислого состава, сходство их петрогеохимических характеристик, металлогеническая специализация [4].

Изучением возраста, продолжительности формирования ВСАВПП и его фрагментов занимались многие специалисты. Результаты их исследований в конце XX в. обобщил А.В. Михайлов [5], а в начале XXI в. – Г.А. Валуй, В.К. Попов, В.Г. Сахно и В.П. Симаненко [2]. Как видно из представленной схемы (см. рис. 1), время формирования вулканических накоплений ВСАВПП приходится на верхний мел и палеоген. Сенноманские магматические образования объединены в синанчинский вулканоплутонический комплекс (ВПК), который состоит из покровов и экстрезий, базальтов, андезитов (иногда дацитов) и субвулканических тел диоритов и габбродиоритов. Породы комплекса принадлежат известково-щелочной серии умеренноглиноземистого состава. Исследования последних лет показали, что эффузивы комплекса обладают относительно высокими содержаниями лантаноидов и отсутствием европиевого минимума [2]. На современных петрогеохимических диаграммах его породы соответствуют вулканитам активных континентальных окраин (андийского типа) и островных дуг. Большеобъемные ареальные извержения платоигнимбритов приморской серии (объединяющей кисинский, монастырский, приморский и другие комплексы, среди которых преобладают кристаллотуфы и кристаллоигнимбриды) происходили в туроне–сантоне, что подтверждается и находками растительных остатков в редких горизонтах вулканогенно-осадочных пород. По составу приморские вулканиты соответствуют известково-щелочному типу. Кислые и умеренно-кислые разновидности имеют умеренную глиноземистость и нормальную или повышенную щелочность. Концентрация редких земель в них соот-

ветствует породам окраинно-континентального или островодужного типов, обладающих в различных вулканоструктурах или максимумом, или минимумом европия [2]. Более молодые – маастрихтского возраста – эффузивы базальт-андезит-дацитового состава объединены в самаргинский (пластунский), а эффузивы андезит-дацит-риолитового состава – в сияновский комплексы. В совокупности они представляют дифференцированную известково-щелочную серию с повышенной или нормальной щелочностью. В кислых породах сияновского комплекса калий преобладает над натрием, а в андезитах – наоборот, что расценивается как указание на их сходство с вулканитами островодужного, т.е. надсубдукционного типа [2]. Концентрации редких земель (нормированные к базальтам MORB), по данным этих же авторов, соответствуют магматическим породам окраинно-континентального типа. Андезиты характеризуются отсутствием европиевого минимума и на специализированных диаграммах располагаются в «полях» активных континентальных окраин и островных дуг.

Геолого-петрологические исследования, выполненные в последние годы Г.А. Валуй [2], позволили разделить интрузивные образования ВСАВПП на группы по количеству проявленных фаз, объему изверженных пород, удаленности от морского побережья и другим показателям (табл. 1). Выделены крупные многофазные массивы равномернозернистых магматитов диорит-гранодиорит-гранитного состава магнетитовой серии (прибрежный тип); относительно мелкие – двухфазные массивы равномернозернистых и (или) порфиroidных гранодиорит (адамеллит) – гранитов (арминский тип), наконец, в различной степени (от слабой до умеренной) дифференцированные однофазные массивы монцодиорит (диорит)-гранодиоритового (иногда гранитного) состава ильменитовой серии (дальнегорский и краснореченский типы).

В исследованном нами рудном узле находится несколько магматических центров, крупных рудоносных зон, масштабных потоков рассеяния, шлиховых и геохимических ореолов. В тектоническом отношении он расположен в пределах поперечного горстообразного поднятия, разделяющего Центральный сектор ВСАВПП на две части: северную (Самаргинскую) и южную (Северянскую) (рис. 2). Поднятию присущи небольшая глубина залегания терригенного ( $K_1$ ) основания, отсутствие вулканогенно-осадочных отложений синанчинской ( $K_2Sn$ ) свиты, редуцированность разрезов приморской и самаргинской толщ, фрагментарность распространения палеогеновых эффузивно-пирокластических накоплений богопольской свиты и почти полное отсутствие кузнецовских (эоцен) базальтов и андезибазальтов.

Система	Отдел	Ярус	Типы пород	Мощность, м	Серия, свита	Характеристика пород	
Неогеновая	Миоценовая			40		Базальты, туфы, брекчии	
Палеогеновая	Олигоценая			25-70		Песчаники, конгломераты, гравелиты, бурые угли, базальты (лавы)	
	Эоценовая			30-100			
МЕЛОВАЯ	ВЕРХНИЙ	Палеоценовый	Датский		300	Богопольский	Туфы, игнимбриты, вулканические стекла риолитов
		Маастрихтский	?		370-1100	Самаргинская (саяновская, пластуновская толща)	Андезиты, андезито-базальты, андезитодациты, лавы, туфы, туфобрекчии
			?		370-1100		Слоистые туфы, риолиты, дациты
		Кампанский	?		240-1120	Приморская серия	Игнимбриты, риолиты, агломераты, брекчии дацитов, андезитов, туфы дацитов, агломераты каменной толщи
		Турон, коньяк, сантон		510-3200	Спекшиеся туфы, игнимбриты, ксенотуфы, агломераты, андезидациты (лавы), туфопесчаники арзамазовской и монастырской свит		
				510-3200			
Сеноман		200-365	Туфы дацитов, андезитов, андезибазальтов и их лавы				
		630-770	Туфы риолитов, псефитовые брекчии риолитов, песчаники, гравелиты				

Рис. 1. Сводная стратиграфическая колонка вулканогенных образований ВСАВП (по: [5, 6]). Цифрами в кружках отмечены места отбора проб на U-Pb датирование: 1 – из нижней части отложений приморской серии, абсолютный возраст  $83,2 \pm 0,6$  млн лет; 2 – из игнимбритов пластуновской толщи (низи самаргинской свиты), абсолютный возраст  $69,4 \pm 0,5$  млн лет

Таблица 1

**Сравнительная характеристика ильменитовых и магнетитовых серий гранитоидов Восточного и Центрального Сихотэ-Алиня по Г.А. Валуи [2] с некоторыми изменениями**

Параметры	Массивы интрузивов и их типы			
	Многофазные	Двухфазные	Однофазные	
	Прибрежный тип	Арминский тип	Дальнегорский (дифференцированный)	Краснореченский (слабодифференцированный)
1	2	3	4	5
Состав	1 – диориты 2 – гранодиориты 3 – граниты 4 – граниты миароловые аплитовидные 5 – аплиты-пегматиты, гранит-порфиры	1 – гранодиориты 2 – адамеллиты 3 – граниты	1 – диориты 2 – гранодиориты 3 – граниты	Монцодиорит-гранодиориты

1	2	3	4	5
Возраст, млн лет	1 – 88–72 2 – 69–65 3 – 64–50 4 – 48–41	1 – 83–94 2 – 69–78 3 – 58–78	1 – 83 2 – 69–72 3 – 60–63	84–87 (64–59)
Размер интрузивных тел	10–70 км	70–250 км <sup>2</sup>	1–5 км	Сотни метров
Структура пород	Равномерно зернистая	Порфириовидная, равномерно зернистая	Резко порфириовидная	
Условия кристаллизации	Закрытая система	Открытая система		
Глубина кристаллизации, км	3–4	2–3	0,5–2,5	1,2–2
Температура кристаллизации, С°	650–750	750–650	750–850	800–900
Парагенезис темно-цветных материалов		Роговая обманка, биотит	Роговая обманка, биотит	Пироксен, роговая обманка
Акцессорные минералы	Магнетит	Ильменит, магнетит	Ильменит, магнетит	Ильменит
Глубина генерации расплавов	15–20 (5–6 кбар)	35–40	20–25 (7–8 кбар)	25–30 (9–10 кбар)
Содержание флюидов в породе, мл/г	7–9	Нет данных	7–22	13–15
СО <sub>2</sub> (в флюидной фазе), об. %	2	Нет данных	3–7	3–7

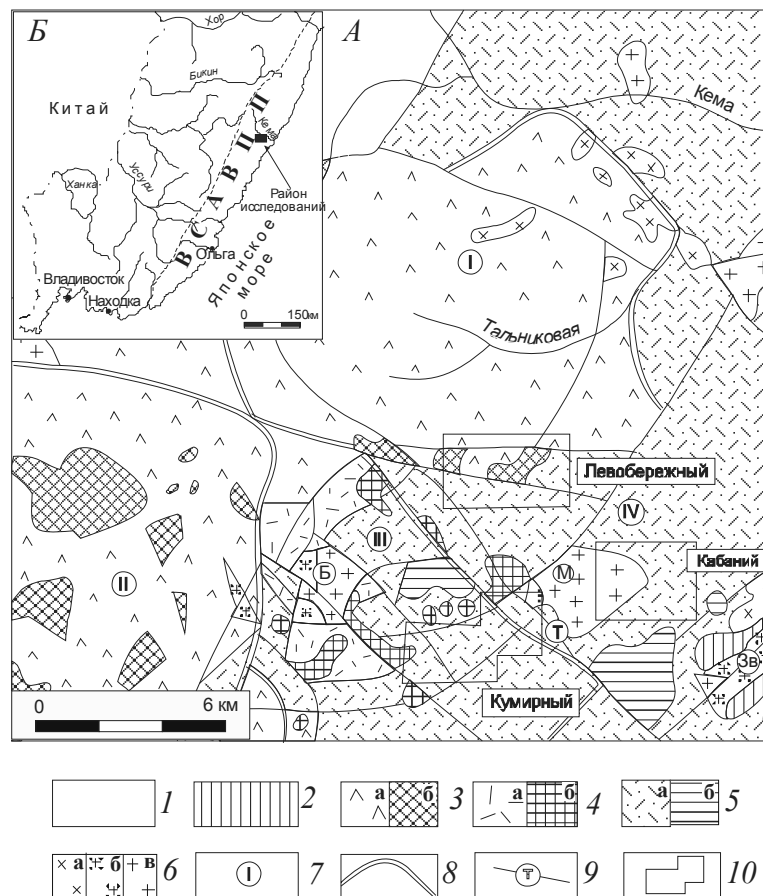


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Нижнетаежного рудного узла (А) и его положение в пределах ВСАВПП (Б). 1 – нижнемеловые вулканогенно-осадочные отложения складчатого основания ВСАВПП; 2–5 – вулканические комплексы: 2 – кизинский миоценовый (субвулканические тела дацитов, роговообманково-плагноклазовых андезитов, реже андезибазальтов и базальтов), 3 – богопольский: а – игнимбриты и туфы риолитов, б – экструзии и некки дацитов, в меньшей степени экструзии андезитов и риолитов, 4 – самаргинский: а – туфы дацитов и риолитов, в меньшей мере – андезиты, туфы андезитов и риолитов, б – экструзии, некки и дайкообразные тела андезитов и андезидацитов, 5 – приморский: а – туфы риолитов с прослоями игнимбритов, туффитов, туфоалевролитов и туфопесчаников, б – экструзии и некки риолитов; б – гранитоидные массивы (а – диориты, б – гранофировые граниты, в – граниты) предположительно различного возраста, в том числе (индексы в кружках) Б – Берёзовский, Зв – Заводской, М – Малиновский; 7 – крупные вулканотектонические сооружения: I–III – палеокальдеры: Тальниковая (I), Шандуйская (II), Носыревская (III); IV – Монкинское поднятие; 8–9 – разломы: 8 – ограничивающие палеокальдеры, 9 – прочие (Т – Таежная зона разрывов); 10 – контуры главных рудоносных участков

Экструзивно-эффузивно-пирокластическим накоплениям трех вышепоименованных толщ способствовали комагматичны субвулканические тела, являющиеся более глубинными частями одноименных (с толщами) комплексов. В объеме самаргинского комплекса субвулканические тела преобладают. Они представлены дайками, штоками, некками. Среди них, как и в стратифицированных накоплениях, фиксируется антидромность эволюции соответствующего («самаргинского») магматизма: от риолитов до дацитов порфиروهого и крупнопорфиروهого облика на ранней стадии к андезидацитам и плагиоклаз-роговообманковым (редко биотитовым) андезитам – на поздней стадии. Небольшие сближенные купола андезитов имеют сложное внутреннее строение и хорошую выраженность в рельефе. Пространство между ними бывает заполнено эксплозивными брекчиями, содержащими глыбы андезитов, гранитов, диоритов, туфов риолитов, сцементированных лавой андезидацитового состава. Субвулканические тела богопольского комплекса представлены некками дацитов и трахидацитов, иногда переходящими в андезидациты, риодациты и риолиты туфовидного облика, а также телами эксплозивных брекчий соответствующего состава.

Более поздние миоценовые – кизинские – образования (см. рис. 1) представлены мелко- и неяснопорфировыми (часто миндалекаменными) разностями роговообманково-плагиоклазовых андезитов, реже андезибазальтов и базальтов. Для них характерны шаровая отдельность, значительная измененность и повышенная щелочность.

Интрузивы, выявленные на площади НТРУ, гетерогенны по своему облику и составу (рис. 2). Наиболее крупный Малиновский массив сложен преимущественно диоритоидами и гранитоидами. Среди них различают как мелко- (редко-, крупно-) зернистые биотит-роговообманковые кварцевые («игольчатые») диориты, так и биотитовые порфиروهидные граниты, переходя-

щие в краевых частях массива в гранит-порфиры. Другими яркими представителями интрузивных тел НТРУ являются массивы Березовский и Заводской, в которых, как и в Малиновском, проявлены магматиты разных фаз внедрения. Одна из фаз сложена мелкозернистыми миароловыми аляскитовыми гранитами, приобретающими аплитовидный облик в эндоконтактных зонах; другая – пироксен-роговообманковыми крупнозернистыми диоритами (иногда переходящими в габбро-диориты). Последние в эндоконтактной и апиальной зонах массивов сменяются резко порфиروهидными разностями с переходами в типичные диоритовые порфириты пироксен-роговообманково-биотитового состава. Первые определения возраста пород массивов были сделаны А.А. Грачёвой в 70-е гг. прошлого века в лаборатории абсолютного возраста местного геологического управления (табл. 2). В этих анализах обращает внимание факт последовательного омоложения возраста интрузивных образований: от Берёзовского массива (64–62 млн лет) к Малиновскому (56–44/39 млн лет) и Заводскому (39 млн лет), т.е. в направлении с запада на восток (см. рис. 1). Для заверки результатов первых определений возраста пород Берёзовского и Малиновского массивов, между которыми сосредоточена основная масса проявлений оруденения, авторами в процессе полевых исследований из скальных обнажений обоих массивов были отобраны пробы разных пород (рис. 3, табл. 3) для получения современных доказательств возраста остывания (закрытия) соответствующих изотопных систем. Оказалось, что полученные определения кажущегося возраста пород приходятся на палеоцен (64±1÷54,1 млн лет, 4 анализа) и эоцен (47±2 млн лет, 1 анализ), в целом подтверждающая ранее сделанные анализы. Вместе с тем ранее предполагалось, что Малиновский массив является типичным представителем приморского ВПК, а Березовский и Заводской – представителями самаргинского, а возможно, и богопольского ВПК.

Таблица 2

Результаты определений радиологического возраста пород Нижнетаежного рудного узла (К-Аг метод) в лаборатории Приморского территориального геологического управления

№ п/п	№ пробы	Место отбора (массив)	Название породы	К, %	$40 \times 10^{-7}$ К г/г	$40 \times 10^{-7}$ Аг г/г	$^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$	Возраст, млн лет
1	3101	Заводской	Дацит	2,92	36,62	0,080	0,0022	39
2	3106-3	Заводской	Гранодиорит	1,98	24,16	0,052	0,0022	39
3	5666-1	Малиновский	Диорит	2,17	26,47	0,086	0,0032	56
4	5693	Малиновский	Гранит	3,50	42,70	0,187/ 0,095	0,0025/ 0,0022	44/39
5	6993	Берёзовский	Гранит	3,77	45,99	0,120	0,0026	64
6	792	Берёзовский	Гранит	3,96	48,56	0,171	0,0035	62

Таблица 3

Результаты определений радиологического возраста пород Нижнетаежного рудного узла (К-Аг метод)\*

№ п/п	№ пробы	Место отбора (массив)	Название породы	К ± σ, %	( $^{40}\text{Ar}_{\text{рад}} \pm \sigma$ )	(Т ± σ)
1	НТ-2	Малиновский	Гранофировый гранит	3,77±0,01	14,4±0,2	54±1
2	НТ-5	Малиновский	Пироксеновый диорит	1,46±0,01	5,8±0,2	56±2
3	НТ-17 <sup>а</sup>	Малиновский	Монцодиорит	1,48±0,01	6,7±0,0	64±1
4	НТ-20	Малиновский	Гранофировый гранит	4,44±0,03	14,8±0,6	47±2
5	НТ-25	Экзоконтакт	Порфиروهый дацит	2,90±0,03	12,74±0,3	62±2
6	НТ-26	Берёзовский	Лейкогранит	4,06±0,01	17,24±0,2	60±2

\*Анализы выполнены в лаборатории петрологии и изотопной геохронологии СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан). Аналитики: Александрова Н.М., Люскин А.Д., Новик К.К. При расчетах использованы константы, рекомендованные XXI сессией Комиссии по определению абсолютного возраста:  $l_k = 0,581 \times 10^{-10} \text{год}^{-1}$ ;  $l_b = 4,962 \times 10^{-10} \text{год}^{-1}$ ; распространенность изотопов:  $^{39}\text{K} - 93,26$ ;  $^{40}\text{K} - 0,01167$ ;  $^{41}\text{K} - 6,73 \text{ ат.}\%$ ; изотопное отношение атмосферного аргона  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 295,5$ .

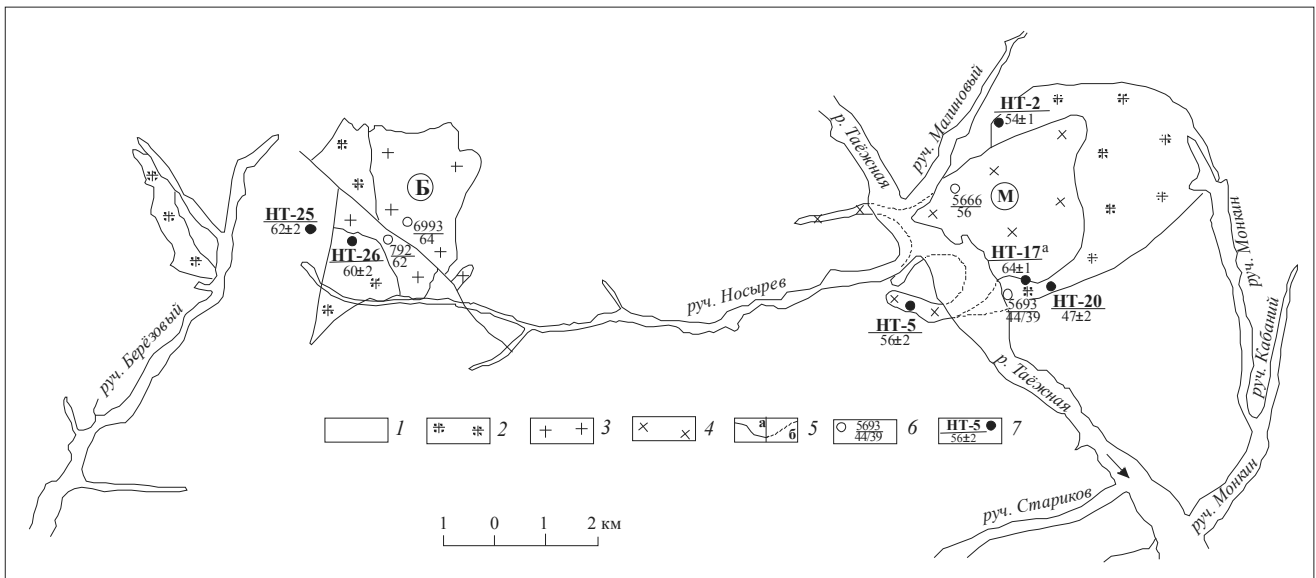


Рис. 3. Схема размещения мест отбора проб на радиологическое определение возраста (К-Аг методом) магматических образований Берёзовского и Малиновского массивов: 1 – вулканогенные накопления, нерасчлененные; 2 – миароловые аляскитовые граниты, лейкограниты; 3 – биотитовые порфиroidные граниты, гранит-порфиры, гранодиориты; 4 – пироксен-роговообманковые диориты, биотит-роговообманковые кварцевые диориты; 5 – геологические границы массивов и различных фаз гранитоидов (а – установленные, б – предполагаемые); 6–7 – места отбора проб пород, их номера (числитель) и возраст (млн лет) по данным лабораторий: б – абсолютного возраста Приморского территориального геологического управления, 7 – петрологии и изотопной геохронологии СВКНИИ ДВО РАН

Учитывая, что проба НТ-25 ( $62 \pm 2$  млн лет) характеризует порфиroidные дациты, закартированные в экзоконтакте Берёзовского массива, а в низах разреза богопольской свиты глыбовые туфы риолитов и туфо-конгломераты содержат окатанные и полуокатанные глыбы миароловых гранитов, можно сделать заключение о принадлежности и Берёзовского, и Малиновского интрузивных массивов к самаргинскому ВПК. В пользу такого заключения свидетельствуют и определения кажущегося возраста монцодиоритов и пироксеновых диоритов Малиновского массива (пробы НТ-17<sup>а</sup>, НТ-5), которые согласуются с уточненными показателями возраста низов самаргинской свиты [6]. Поздние экструзивные и субвулканические тела в самаргинском комплексе представлены плагиоклаз-роговообманковыми андезитами. В таком случае можно предположить, что наиболее молодые грано-фиroidные граниты Малиновского массива (пробы НТ-

20 и 5693) указывают или на время завершения остывания соответствующей изотопной системы в эоцене ( $47 \pm 2$  и  $44/39$  млн лет соответственно), или на принадлежность части пород соответствующей фации богопольскому ВПК.

Существование признаков зонального размещения эндогенного оруденения в НТРУ относительно Малиновского массива [1] и вероятная его принадлежность к дальнегорскому типу свидетельствуют в пользу металлогенической специализации всего самаргинского ВПК на Ag, Pb, Zn, Sn, As и другие элементы. Вместе с тем более уверенные выводы о причинах такой специализации можно будет сделать после проведения дополнительных геологических исследований на площади узла, включая и отбор проб из рудных тел и многофазного массива Заводской, а также определения возраста магматических и постмагматических тел на представительном материале других геологических объектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ивин В.В., Родионов А.Н., Хомич В.Г. и др. Геологическое строение и типы эндогенной минерализации Нижнетаежного рудного узла (Приморье) // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25, № 3. С. 81–87.
2. Восточно-Сихотэ-Алинский вулcano-плутонический пояс (поздний сеноман–маастрихт) // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. С. 273–287.
3. Вулканические пояса Востока Азии. Геология и металлогения / Отв. ред. А.Д. Щеглов. М.: Наука, 1984. 504 с.
4. Хомич В.Г. Металлогения вулcano-плутонических поясов северного звена Азиатско-Тихоокеанской мегазоны взаимодействия. Владивосток: Дальнаука, 1995. 343 с.
5. Михайлов В.А. Магматизм вулcano-тектонических структур южной части Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. Владивосток: ДВО РАН СССР, 1989. 172 с.
6. Сахно В.Г., Акинин В.В. Первые данные U-Pb датирования вулканических пород Восточно-Сихотэ-Алинского пояса // Доклады Академии наук. 2007. Т. 418, № 2. С. 226–231.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 20 ноября 2009 г.