100

УДК 552.11

НОВЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОМ ВОДОРАЗДЕЛЕ (ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

Костин А.В.

ФГБУН «Институт геологии алмаза и благородных металлов» Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН), Якутск, e-mail: kostin@diamond.ysn.ru

При изучении теневого рельефа Якутии на площади Лено-Вилюйского района была обнаружена ранее не известная магматогенная структура, при заверке оказавшаяся вулканическим аппаратом, состоящим из конуса дацитовых лав и покрова андезитов, залегающего на нижне-верхнемеловых редуцированных отложениях (104–93,5 млн лет). Соответственно, возраст вулканизма – не древнее верхнего мела. Площадь развития вулканических пород занимает до 1000 км² и характеризуется сейсмическими событиями слабой и умеренной интенсивности. Установлены два типа вулканических аппаратов. Андезитовый тип представлен вулканическим пирокластическим конусом и кольцевыми валами вокруг конуса, дацитовый тип – вулканическим конусом и несколькими лавовыми потоками. Рудная специализация вулканизма проявлена в бариевом метасоматозе с наложенной медно-серебряной минерализацией халькопирита, галенита, аргентита, имитерита, миаргирита и самородного серебря. Ксенолиты в лавах представлены породами ультраосновного состава.

Ключевые слова: ГИС, вулканизм, рудный узел, андезиты, дациты, Лено-Вилюйский водораздел, Якутия

A NEW GEOLOGICAL FEATURE OF VOLCANIC ORIGIN IN THE LENA-VILYUI WATERSHED (EAST OF SIBERIAN PLATFORM)

Kostin A.V.

Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: kostin@diamond.ysn.ru

In the study of the shadow relief of Yakutia on the area of the Lena-Vilyuy district was discovered previously unknown magmatic structure, with the certification of trapped volcanic unit, consisting of a cone dacite lavas and andesites cover lying on the lower-upper Cretaceous sediments reduced (104–93,5 million years). Accordingly, the age of volcanism is not older than upper Cretaceous. The area of development of volcanic rocks is up to 1000 km² and is characterized by seismic events of mild to moderate intensity. There are two types of volcanic edifices. Andesitic type is represented with volcanic pyroclastic cone and annular ramparts around the cone, dacite type of volcanic cone and several lava flows. Ore specialization of volcanism is manifested in the barium metasomatism with superimposed copper-silver mineralization of chalcopyrite, galena, argentite, imiterite, miargyrite and native silver Xenoliths in lavas are represented by the ultrabasic rocks.

Keywords: GIS, volcanism, ore cluster, andesites, dacites, Leno-Vilyui watershed, Yakutia

Проявление позднеюрского – раннемелового вулканизма в Вилюйской синеклизе и ее обрамлении в виде прослоев вулканических туфов мощностью до 10 м отмечалось многими исследователями [9, 10]. При этом за все годы не было обнаружено ни одной вулканической структуры, с которой можно было бы увязать продукты вулканической деятельности этой территории. Работами ИГАБМ СО РАН на Лено-Вилюйском водоразделе в 2014 году [5] впервые был установлен ранее не известный вулканический конус, сложенный дацитовыми туфами, лавами и лавобрекчиями. Позднее, на космоснимках, были найдены и заверены полевыми работами обширные поля красных грубозернистых туфов андезитов, которые являются хорошим поисковым признаком вулканической активности этого региона [7]. Обнаруженным новым геологическим образованиям были даны названия: вулканическая структура – «Тень-01», вулканическое поле – «Тюгенинское» [4–6]. Районы развития вулканизма всегда сопровождаются рудными месторождениями Au, Ag, Cu, Pb, Zn и др., поэтому целью данного исследования является выяснение особенностей геологического строения вулканического поля и характера сопровождающей рудной минерализации.

Метод выявления вулканических структур

Выявление структуры магматогенного происхождения осуществлялось с использованием цифровой модели рельефа с разными углами подсветки (теневой рельеф). При вертикальном положении источника света теневой рельеф контрастно проявляет малые интрузивные тела [4], что позволило обнаружить потенциальный объект вероятного магматического происхождения, а в 2014–

7 🔳

НАУКИ О ЗЕМЛЕ (25.00.00)

2016 годах полевыми работами подтвердить его вулканогенную природу. Интегрирование в ГИС проект космических снимков среднего и высокого разрешений (Landsat-8 и Microsoft – BingMaps) позволило с высокой детальностью установить контуры вулканической структуры, отдешифрировать взаимоотношения и границы лавовых потоков.

Результаты исследования и их обсуждение

Вулканические постройки Тюгенинского вулканического поля протягиваются в С–С-3 направлении и сложены андезитовыми и дацитовыми лавами, включая лавы жерловой фации, кластолавы, лавобрекчии, туфолавы, пемзы и красные туфы (рис. 1 и 2). На севере преобладают вулканиты андезитового, а на юге – дацитового состава. Андезиты лежат на отложениях батылыхской свиты (K₁bt – 145,8–124,5 млн лет), редуцированных в аграфеновское (K₁₋₂ag – 104–93,5 млн лет) и чиримыйское (K₂cr – 93,5–86,6 млн лет) время, а конус дацитов прорывает эти отложения. На сегодняшний день уверенно диагностированы два различных по морфологии типа вулканических аппаратов. Первый связан с полями андезитовых лав, второй – с дацитовыми и описанный ранее как вулкан «Тень-01» [5–7].



Рис. 1. Вулканическая постройка Лено-Вилюйского водораздела: 1 – Схема расположения вулканической постройки на Лено-Вилюйском водоразделе; 2 – Вулканическая постройка «Тень-01» по результатам дешифрирования космических снимков картографического сервиса Microsoft – BingMaps и заверки полевыми работами (1 – жерло вулкана «Тень-01»; 2 – конус вулкана; 3 – первый лавовый поток; 4 – второй лавовый поток; 5 – андезиты; 6 – граница вулканического конуса; 7 – граница жерла вулкана; 8 – радиальные разломы вулканического конуса; 9 – сдвиги левосторонние; 10 – лавовые потоки); А – Вулканический пирокластический конус андезитового типа и валы – внешний 1280 м, внутренний – 680 м.; Б – Вулканический конус «Тень-01»: 3D композит цифрового рельефа и снимка картографического сервиса Microsoft BingMap. Номера образцов соответствуют типам вулканических пород на рис. 2

EARTH SCIENCES (25.00.00)



Рис. 2. Образцы вулканических пород (с привязкой к рис. 1). 1 – Красные туфы (обр. 1006-6); 2 – Полосчатая и волнистая лава андезитов (темное) с прослойками и линзовидными обособлениями дацитов (светлое) и обсидиана (черное) (обр. 1006-1); 3 – Вулканическая пемза с шаровой отдельностью (обр. 1006-3); 4 – Полосчатая и волнистая лава дацитов (обр. 10107); 5 – Вулканическая лава и пемза с вытянутыми пузырями (обр. 10102); 6 – Вытянутая форма пузырей в лавовом потоке дацитов (обр. 1029-1); 7 – Лавы и туфолавы дацитов с остатками несгоревшей флоры папоротников (обр. 1029-2)

Андезитовый тип представлен вулканическим пирокластическим конусом и кольцевыми валами вокруг конуса, сложенными красными туфами. Андезиты и андезибазальты массивные и миндалекаменные, с редкими порфировидными выделениями и гломеровыми скоплениями удлиненных табличек неотчетливо зонального, полисинтетически сдвойникованных андезина [Ab₅₂An₄₅Or₃] и лабрадора [Ab_{47,5}An₅₁Or_{1,5}] в вулканическом стекле преимущественно санидинового [Ab_{42,5}Or_{57,5}] состава. Вулканическое сооружение, сложенное андезитовыми лавами, представлено кольцевой долиной (депрессией) в кальдере, окруженной серией валов (рис. 1, А) вулканических пород. Излияния, вероятно, носили трещинный характер, так как практически все приурочены к С-З разломам левосдвиговой кинематики.

Дацитовый тип представлен вулканическим конусом (рис. 1, Б) и несколькими потоками лав. Конус имеет правильную форму с пологими склонами, усеченный приблизительно на одну треть и возвышающийся на 70 метров над окружающей местностью. Основание конуса является почти правильным кругом, диаметром 2,5 км. Усеченная поверхность конуса ровная, пологая, наклонена к востоку, имеет неправильную округлую форму диаметром около 800 метров и покрыта растительным покровом. Объем вулканического конуса, вычислен по цифровому рельефу программным комплексом MicroDem и составляет 133,3 млн м³. Это позволяет косвенно оценить возможный объем вулканического материала. Коренные обнажения дацитов наблюдаются по краям кратера и на склонах конуса. Дациты флюидально-такситовые со стекловатой основной массой полевошпат-кварцевого состава и микролитами ортоклаза, олигоклаза и санидина, реже – андезина и лабрадора. Среди разновидностей пород отмечены дациты жерловой фации, волнистые и полосчатые лавы, лавобрекчии, туфолавы. Вулканический конус и лавовые потоки на космических снимках диагностируются отчетливо. Более молодые потоки выглядят серыми, более старые – покрыты зеленой растительностью. Лавовые валы можно увидеть по краям молодых потоков. Они формируются, когда лава остывает и затвердевает по краям и в верхней части

потока, в то время как центральный поток по-прежнему продолжает продвигаться вперед. В туфолавах удаленной части потока (рис. 1, обр. 6 и 7) сохранились остатки флоры папоротников.

Ксенолиты магматогенной природы постоянно присутствуют в лавах вулкана «Тень-01», представлены раскристаллизованными породами высокой плотности (более 3 гр/см³) темно-зеленых оттенков, могут быть отнесены к субвулканической фации глубинности и характеризовать глубокозалегающие породы магматического очага. По соотношению суммы щелочей к кремнезему (TAS-диаграмма, рис. 3), ксенолиты относятся к пикритам, ультраосновным и основным пикробазальтам.

В целом породы вулканической постройки относятся к группе кислых, нормально-щелочной и низко-щелочной серий. Эволюция составов вулканитов Тюгенинского вулканического поля, с учетом составов ксенолитов, в общем, имеет гомодромную направленность, выраженную в проявлении на начальной стадии пикритовых расплавов, а на последующих – пикробазальтовых, андезитовых, дацитовых и риодацитовых типов пород. Риолиты в пределах вулканического поля отсутствуют (рис. 3).



Рис. 3. ТАЅ-диаграмма сумма щелочей – кремнезем для классификации вулканических пород [13, 14]: Серии: I – Низко-щелочная; II – Нормально-щелочная; III – Умеренно-щелочная; IV – Щелочная. Группы: A – Кислые; Б – Средние; В – Основные; Г – Ультраосновные

Таблица 1

Образец	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	ThO ₂	Сумма
10102	29,63	2,18	10,06	27,80	16,91	11,97	98,6
10102	30,82	2,52	14,58	30,06	8,91	11,94	98,84
10102	33,64	2,70	13,57	30,74	6,59	10,85	98,09
10102	32,79	2,56	13,08	27,65	9,29	12,62	97,99
10102	34,42	2,00	14,90	30,37	9,49	9,27	100,45
10102	33,33	2,49	13,22	26,15	10,95	13,93	100,07

Состав монацита

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480 LV, аналитик С.К. Попова.

Таблица 2

Химический состав клиноэнстатита в лавах и вычисле	нное
по содержанию Al ₂ O ₃ давление (P, кбар)	

MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	FeO	Сумма	Р, кбар
26,53	3,99	54,47	—	—	15,37	100,36	7,23
23,74	5,22	52,79	—	—	16,94	98,69	8,42
24,69	7,13	50,17	0,69	—	15,62	97,61	9,34
24,27	6,35	51,25	_	0,11	15,63	101,64	9,03
24,5	5,26	54,26	_	—	17,62	101,64	8,45

П р и м е ч а н и е . Клиноэнстатит подтвержден на дифрактометре D2 PHASER Bruker, картотека PDF-2, близка карточка 00-035-0610, самые сильные отражения для клиноэнстатита d(I) – 2,874(100); 2,976 (69), аналитик Н.В. Заякина.

Типоморфные минералы вулканического комплекса разнообразны, но наибольший интерес представляют минералы переменного состава (монацит), ксеногенные минералы в лавах, самородные металлы и наложенная рудная минерализация в лавах.

Монацит (LREE)PO₄ – моноклинный ортофосфат легких РЗЭ. В лавах вулкана Тень-01 встречается повсеместно и относится к акцессорным минералам. Микрозондовые исследования (табл. 1) показали, что монацит относится к Се-разновидности с небольшим содержанием Са. Его отличительной особенностью является высокая концентрация **Th**, что в целом характерно для кислого – среднего вулканизма [12].

Из ксеногенных минералов в дацитах установлены циркон, самородное железо, магнетит, титаномагнетит и шпинелиды (хромшпинелид, магнезиоферрит и ульвошпинель). К ксеногенным минералам андезитов относится циркон, магнезиоферрит, ильменит, гранат [Руг_{75.82}Alm₁₈₋₂₅]. По содержанию MgO (2,87–3,88%) ильменит может быть отнесен к низко магнезиальному типу [8]. На зернах ильменита присут-

ствует магнезиоферритовая реакционная кайма, шириной до 20 nm, содержащая 0,7–1,22% Cr₂O₃. Al-содержащий клиноэнститит (табл. 2) является индикатором высокобарических условий минералообразования. По данным Л.Л. Перчука [11] при увеличении давления растет содержание Al₂O₃ в Орх, характер зависимости описывается уравнением

у (Р, кбар) =
$$0,0323$$
х³ - $0,6841$ **х**² + $+5,2039$ **х** - $4,6906$,

где $x - содержание Al_2O_3$ в пироксене.

Большая часть ксеногенных минералов имеет округлые формы со следами растворения по краям зерен.

Самородные металлы относятся к редким и обычно представлены обособленными изометричными, реже удлиненными частичками с неровными краями размером в первые десятки пт. Установлены медь (преобладает), алюминий, серебро, железо и олово. Характерной особенностью минералов являются их примеси: Al (до 8,44%), Sn (до 16,06%) и Mn (до 2,23%) в самородной меди; Cu в самородных алюминии (до 2,11%) и серебре (до 9,2%); Mn (до 1,31%) в самородном железе. Самородное олово химически чистое.

Рудные минералы в вулканитах представлены наложенным Ba-Ag-Cu минеральным парагенезисом. Из минералов **Ba** установлены барит, цельзиан и гиалофан. С ними ассоциируют кварц, халькопирит, галенит и ряд минералов серебра (табл. 3): аргентит, имитерит, миаргирит и самородные серебро и медь [6, 7].

Таблица 3 Минералы серебра бариевых метасоматитов

S	Ag	Hg Sb		Сумма		
Серебро самородное						
_	97,43			97,43		
_	96,43	—				
Аргентит						
12,72	84,17	—	_	96,89		
13,73	85,08	_	_	98,81		
Имитерит						
11,68	50,85	35,7	_	98,23		
10,87	52,17	36,84	_	99,88		
11,44	52,36	35,83	_	99,63		
Миаргирит						
20,61	39,59	_	39,72	99,92		
19,4	38,31	—	36,82	94,53		
20,54	38,88	—	39,9	99,32		
20,0	41,67	-	38,13	99,8		

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480 LV, аналитик С.К. Попова.

Выводы

На Лено-Вилюйском водоразделе впервые обнаружена структура вулканогенной природы мелового возраста, с которой связаны излияния андезитовых и дацитовых лав. Эта находка объясняет происхождение описанных начиная с 1960-х гг. многочисленных проявлений вулканических туфов в обнажениях притоков р. Вилюй [1, 2, 3]. Металлогеническая специализация вулканических образований серебро-медная. Однако многочисленные проявления россыпного золота в регионе позволяют предполагать наличие и золотоносных руд, которые еще пока не обнаружены. Значительный интерес в понимании полноты вулканического процесса может оказать изучение ксенолитов магматогенной природы в лавах. Собранный на сегодняшний день материал свидетельствует о разнообразии поднимаемых лавами с глубин ксенолитов, что представляет большой научный интерес и требует пристального изучения.

Исследования выполнены по плану НИР ИГАБМ СО РАН, проект № 0381-2016-0004.

Список литературы

1. Гольбрайх Г.И., Тодоровская В.Н. О находке туфогенных пород в нижнемеловых отложениях бассейна р. Ситте // Геология и нефтегазоносность Западной Якутии. – Ленинград: Недра. Труды ВНИГРИ. – 1966. Вып. 249. – С. 182–185.

2. Коссовская А.Г., Шутов В.Д., Муравьев В.П. Мезозойские и верхнепалеозойские отложения Западного Верхоянья и Вилюйской впадины // Труды Геол. ин-та АН СССР. – 1960. – № 34. – 276 с.

3. Коссовская А.Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилюйской впадины и западного Верхоянья. (О формировании минерального состава терригенных пород) // Труды ГИН: вып. 63. – 1962. – 232 с.

4. Костин А.В. Моделирование карты теневого рельефа Якутии средствами ГИС для прогнозирования потенциальных рудно-магматических систем // Наука и образование. – 2010. – № 1. – С.63–70.

5. Костин А.В., Гриненко В.С., Олейников О.Б. и др. Первые данные о проявлении верхнемелового вулканизма зоны перехода «Сибирская платформа – Верхояно-Колымская складчатая область» // Наука и образование. – 2015. – № 1(77). – С. 30–36.

6. Костин А.В. Минеральные парагенезисы анортозитовых ксенолитов и потенциальная рудоносность верхнемелового вулкана Тень-01 (Лено-Вилюйский район, восток Сибирской платформы) // Наука и образование. – 2015. – № 2(78). – С. 35–41.

7. Костин А.В., Гриненко В.С., Трунилина В.А. и др., Тюгенинское вулканическое поле – новый геологический объект востока Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 6–8 апреля 2016 г. – Якутск: Издательский дом СВФУ. – 2016. – С. 380–383.

8. Костровицкий С.И., Яковлев Д.А., Суворова Л.Ф. Эволюция состава пикроильменита из кимберлитовых трубок Якутии // Всероссийское совещание (с участием иностранных ученых) «Современные проблемы геохимии», посвященное 95-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона. – Иркутск, 2012. – Т. 2. – С. 90–93.

9. Маслов В.К. Золото в юрских отложениях Вилюйской синеклизы // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36. – № 1. – С. 81–87.

10. Михайлов В.А., Гаврильев Н.Н. Роль орогенных комплексов Вилюйской синеклизы в золотоносности ее платформенного чехла. – М.: Известия АН СССР. Сер. Геол. – 1976. – С. 110–118.

11. Перчук Л.Л. Термодинамический режим глубинного петрогенеза. – М.: Наука. – 1973. – С. 318.

12. Смыслов А.А. Уран и торий в земной коре. – Недра, Ленингр. отд-ние, 1974.

13. Шарпенок Л.Н., Костин А.Е., Кухаренко Е.А. ТАSдиаграмма сумма щелочей-кремнезем для химической классификации и диагностики плутонических пород // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 56. – С. 40–50.

14. Le Bas M.J. et al. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram //Journal of petrology. – 1986. – V. 27. – № 3. – P. 745–750.