

Литература

1. Недосекин Ю.Д. Редкометальные граниты Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1988. 141с.
2. Орлов Ю.С., Филимонов Ю.А, Бояришинов В.В. К вопросу о генезисе аляскитов Арга-Ыннах-Хайского массива (Восточная Якутия) // Геология и полезные ископаемые Верхояно-Колымской складчатой системы. Якутск: Якутское книжное издательство, 1984. С. 74–81.
3. Коваль П.В. Петрология и геохимия альбитизированных гранитов. Новосибирск: Наука, 1975. 256 с.
4. Протопопов Р.И. Проблема выделения кестерского комплекса редкометалльных гранитов (малых интрузий) // Вестник Госкомгеологии. 2014. № 1 (13). С. 47–52.
5. Бушляков И.Н., Холоднов В.В. Галогены в петрогенезисе гранитоидов. М.: Недра, 1986. 192 с.
6. Pupin J.P. Zircon and Granite Petrology // Contrib. to Miner. and Petrol. 1980. V. 73. P. 207–220.
7. Трунилина В.А., Орлов Ю.С., Роев С.П., Зайцев А.И. Состав и генетические аспекты формирования гранитов А-типа Верхояно-Колымской складчатой области // Отечественная геология. 2008. № 5. С. 99–109.
8. Wilson M. Igneous petrogenesis. – Unwin Hyman, London, 1989.
9. Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J. et al. A geochemical classification for granitic rocks // Petrology. 2001. V. 42, № 11. P. 2033–2048.
10. De la Roche H., Leterrier J., Grande Claude P., Marchal M. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1–R2 diagrams and major element analyses – its relationships and current nomenclature // Chem. Geol. 1980. V. 29. P. 183–210.
11. Бородин Л.С. Петрохимия магматических серий. М.:Наука, 1987. 241 с.
12. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // Geological Society of America Bulletin. 1989. V. 101. P. 635–643.
13. Gerdes A., Worner G., Henk A. Post-collisional granite generation and HT-LP metamorphism by radiogenic heating: the Variscan South Bohemian Batholith // J. Geol. Soc. London. 2000. V. 157. P. 577–587.
14. Pearce J.A., Harris N.B.W. and Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of the granitic rocks // J. Petrol. 1984. V. 25, pt. 44. P. 956–963.
15. Eby G.N. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications // Geology. 1992. № 20. P. 641–644.
16. Tischendorf G., Forster H.J., Gottesmann B. The correlation between lithium and magnesium in trioctahedral micas: Improved equations for Li₂O estimation from MgO data // Mineral. Magazine. 1999. V. 63, № 417. P. 57–74.
17. Таусон Л.В. Типизация магматитов и их потенциальная рудоносность // 27-й МКГ. Т. 9: Петрология. М.: Наука, 1984. С. 221–228.

Поступила в редакцию 14.05.2016

УДК 551.762(571.56)

Поисковые признаки скрытых рудно-магматические узлов на базе интегрированных в ГИС снимков Landsat-8 и Bing Map* (на примере Тюгенинского вулканического поля)

А.В. Костин

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск

Рассматриваются структурные особенности Тюгенинского поля вулканических пород на Лено-Вилюйском водоразделе, которое находится вблизи автодороги федерального значения и доступно для научных исследований. Установлены два типа вулканических аппаратов. Андезитовый тип представлен вулканическим пирокластическим конусом и кольцевыми валами вокруг конуса, дацитовый – вулканическим конусом и несколькими потоками. Размещение вулканических образований контролируется разломами левосдвиговой кинематики. Показана связь между повышенным содержанием зо-

КОСТИН Алексей Валентинович – д.г.-м.н., зав. отд., kostin@diamond.ysn.ru.

*Статья является продолжением цикла работ, опубликованных в нашем журнале (№1, 2, 2015). Публикация работ вызвала дискуссию, приведенную в разделе «Дискуссии, конференции, даты».

лота и относительно высокой калиевостью вулканических пород различной основности Тюгенинского поля. Общая металлогеническая специализация лав относится к Au-Cu типу.

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

Prospecting Features of Hidden Ore-Magmatic Clusters Based on GIS-Integrated Landsat-8 and Bing Map Images (Turgenenskiy Volcanic Field, as an Example)

A.V. Kostin

Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, Yakutsk

The article discusses structural features of the Tyugeninsky field of volcanic rocks on the Lena-Viluy watershed, which is located close to a major highway (fig. 1) and available for scientific study. There are two types of volcanic units. An andesitic type is presented by a pyroclastic volcanic cone and annular ramparts around it. A dacite type is presented by a volcanic cone and several lava flows. The placement of the igneous rocks is controlled by left shift faults kinematics. A positive correlation between increased gold content and relatively high K₂O presence in volcanic rocks of different basicity of Tyugeninsky area is identified. General metallogenic specialization of the lavas belongs to Au-Cu type.

Key words: GIS, volcanism, ore cluster, dacites, andesites, Leno-Vilyui watershed, Yakutia.

Объект исследования

Значительный интерес в современной геологии представляют вулканические процессы, происходящие в платформенных областях. Они привлекают внимание в металлогеническом плане благодаря связи многих типов рудопроявлений и наземного вулканизма. С этих позиций структурный фактор является важнейшим для направления поисковых работ и прогноза новых рудных узлов и месторождений. На первое место выходят выявление и изучение морфологии вулканических структур и ассоциирующей разломной тектоники.

Объектом исследования является Тюгенинская «зеленая площадь», на которой отсутствуют какие-либо учтенные виды полезных ископаемых, что в рудной геологии имеет интерес как потенциальный объект для упрощенного лицензирования. Обычно главная цель таких проектов – создание новых горно-рудных мощностей «с нуля» или получение абсолютно новых, ранее не известных геологических знаний, которые могут принципиально изменить представление о геологическом строении района.

Методика работ

При вертикальном положении источника света теневой рельеф контрастно проявляет малые интрузивные тела [1]. Это свойство было положено в основу обнаружения новых, ранее не известных структур магматогенного происхождения в Лено-Вилуйское междуречье – районе с

относительно плохой обнаженностью. В результате были выявлены несколько десятков потенциальных объектов вероятной магматической природы. В 2014–2015 гг. некоторые из них были заверены полевыми работами, была установлена их вулканогенная природа.

Интегрирование в ГИС-проект многоспектральных изображений среднего разрешения (снимки Landsat-8) позволяет анализировать земную поверхность в видимом диапазоне волн, в ближнем ИК и дальнем ИК спектрах. Это дает возможность с высокой детальностью дешифровать разломную тектонику и выделяющиеся в рельефе контрастные по цвету геологические (литологические) границы. С помощью картографического сервиса Microsoft – Bing Maps великолепно дешифрируются красные вулканические туфы, являющиеся поисковым признаком площадей развития вулканических пород.

Все изложенное служит инструментом для выявления новых геологических объектов, которые ранее известны не были.

Вулканические постройки Тюгенинского вулканического поля

Выходы вулканических пород Тюгенинского вулканического поля протягиваются в с-с-з направлении (рис. 1). На севере преобладают вулканы андезитового, а на юге – дацитового состава. Андезиты лежат на отложениях батылхской свиты (145,8–124,5 млн.лет), редуци-

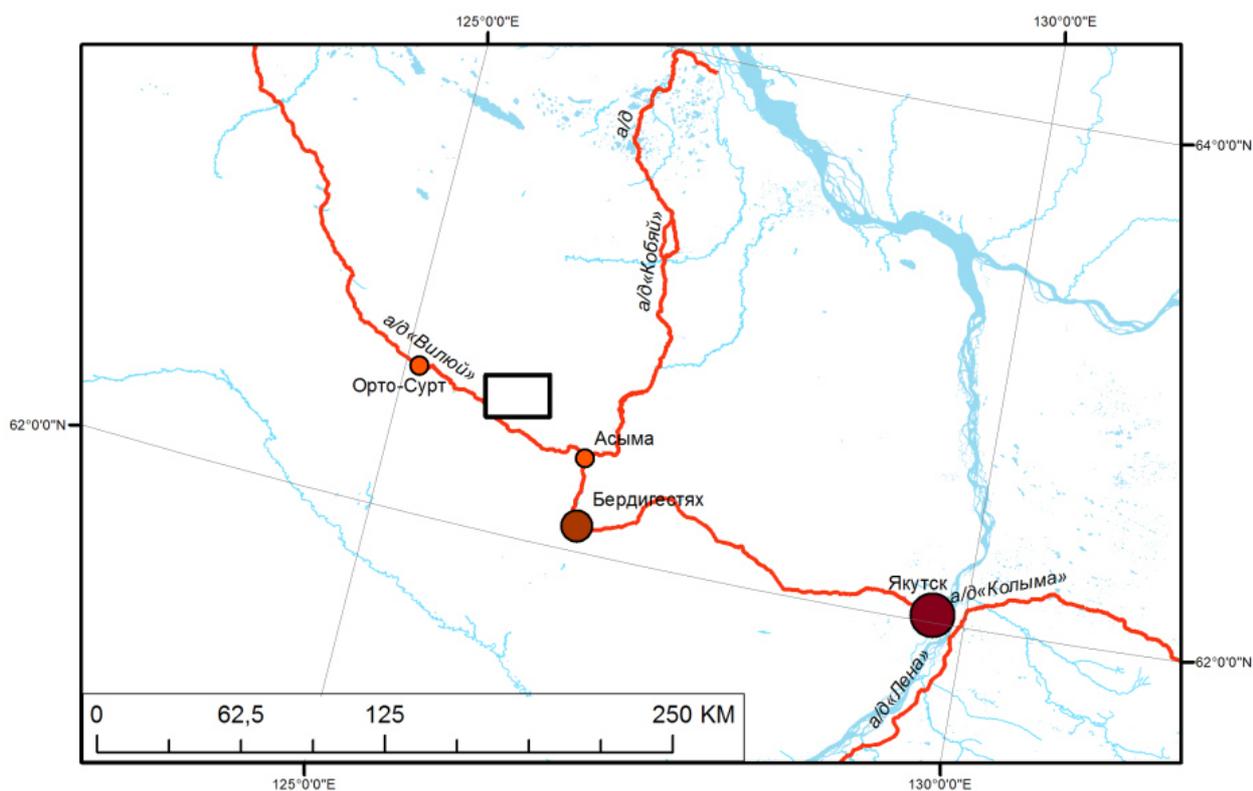


Рис. 1. Схема расположения Тюгенинского вулканического поля (черный прямоугольник)

рованных в аграфеновское (104–93,5 млн.лет) и чиримыйское (93,5–86,6 млн.лет) время, а конус дацитов прорывает эти отложения. Вулканический комплекс гомодромного типа относится к известково-щелочной серии, преимущественно среднекалиевой, с отклонениями к высококалиевой. Вулканические постройки и купола сложены андезитовыми и дацитовыми лавами, включая лавы жерловой фации, туфы андезитов, кластолавы, лавобрекчии, туфолавы, пемзы и туфы [2].

На сегодняшний день уверенно диагностированы два различных по морфологии типа вулканических аппаратов. Первый связан с полями

андезитовых лав, второй – с дацитовыми лавами и описанный ранее как вулкан Тень-01 [3, 4].

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 их гломеровыми скоплениями удлиненных табличек неотчетливо зонального полисинтетически сдвойникового основного плагиоклаза. Вулканическое сооружение, сложенное андезитовыми лавами, представлено кольцевой долиной (депрессией) в кальдере, окруженной серией валов (рис. 2, А), которые



Рис. 2. Вулканические пирокластические конусы и валы: А – вулкан Тень-02 (Тюгенинское вулканическое поле) состоит из жерла и двух валов – внешний 1280 м, внутренний – 680 м; Б – вулкан Tseax Cone (Британская Колумбия, Канада) состоит из жерла и двух валов: внешний – 460 м, внутренний – 290 м [5]

сложены вулканическими породами и имеют пологую внешнюю и крутую внутреннюю поверхности. Излияния, вероятно, носили трещинный характер, так как практически все приурочены к с-з разломам левосдвиговой кинематики. Вулканические сооружения похожей морфологии широко распространены в мире. Одно из них – вулкан Tseax Cone находится в Британской Колумбии (Канада), сложен базальтами, образующими серию валов (рис. 2, Б) вокруг кратера [6], что может служить хорошим поисковым признаком для небольших вулканических структур.

Дацитовый тип представлен вулканическим конусом и несколькими потоками лав. Дациты наблюдаются на склонах и на поверхности конуса в виде многочисленных обломков вулканических и вулканокластических пород. Среди них 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.

Инструмент Operational Land Imager на спутнике Landsat 8 проводит съемку в инфракрасном излучении, что также позволяет классифицировать лавовые потоки по времени излияния. Более древние лавовые поля окрашены в оттенки зеленого и коричневого цветов, а молодые – красного и оранжевого (комбинация каналов ShortWaveInfrared_1–Green–Blue). Такие теплочувствительные методы съемки позволяют уверенно диагностировать временные взаимоотношения лавовых потоков (рис. 3).

Красные туфы. При дешифрировании космоснимков особое внимание было уделено туфам, которые занимают самые верхние части разрезов, характеризуются четко выраженной грубой слоистостью и оттенками от бледно-красного до кирпичного цветов. Под микроскопом структура их литокристаллокластическая, с пепловым цементом.

Красный цвет туфов характерен для многих районов развития современного вулканизма [7], является важным поисковым признаком вулканических построек и прекрасно дешифрируется на снимках сервиса Microsoft – Bing Maps. Наиболее ярким примером являются

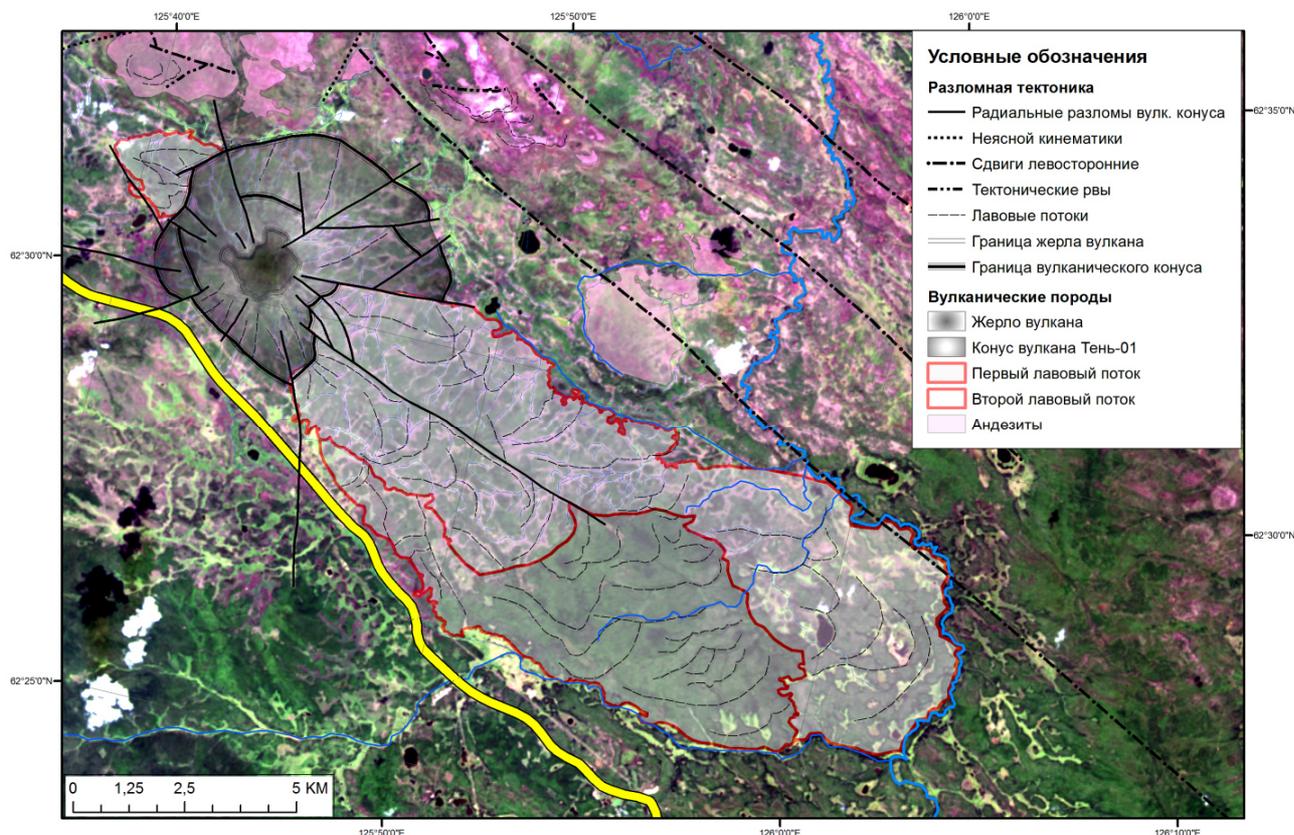


Рис. 3. Вулканическая постройка Тень-01 по результатам дешифрирования космических снимков картографического сервиса Microsoft – Bing Maps (основа – снимок Landsat-8, комбинация каналов ShortWaveInfrared_1–Green–Blue)

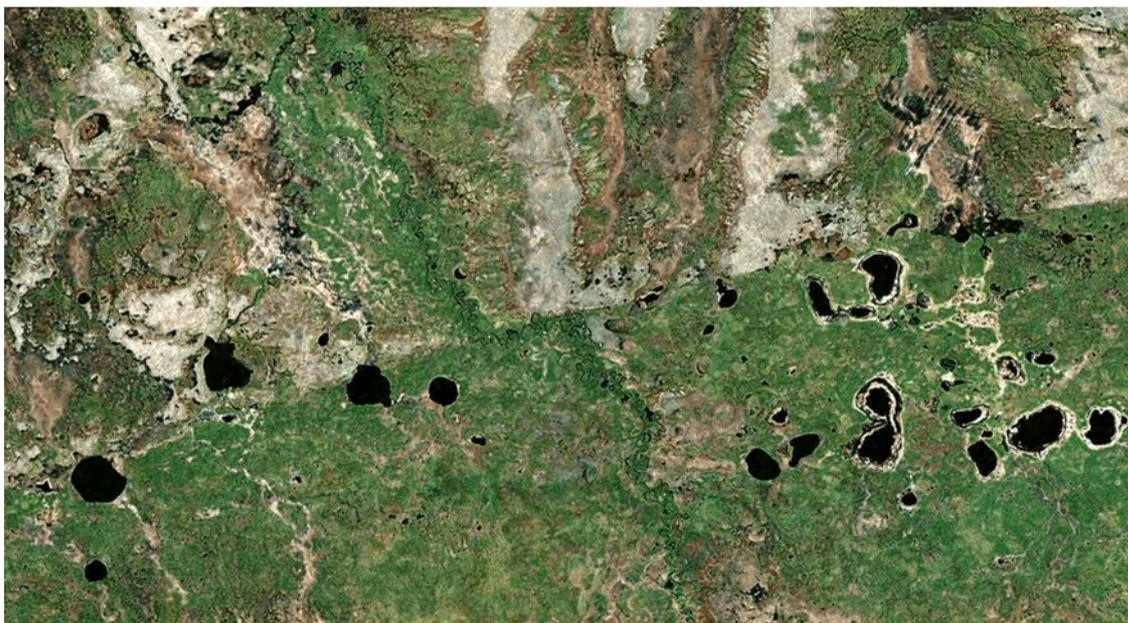


Рис. 4. Смещение долины реки по левостороннему сдвигу. Координаты точки: 63°44'39,99" с.ш., 122°21'22,25" в.д.

многочисленные панорамы конусов Толбачика с красными туфами и другими продуктами извержения вулканов, национальный вулканический парк Лассен в Северной Калифорнии, где красные туфы сформированы в результате температурного и флюидного воздействия на вулканический пепел во время извержений вулкана, Маунт Эдзиза – стратовулкан в провинции Британская Колумбия, Канада и многие другие примеры.

Использование снимков картографического сервиса Microsoft – Bing Maps, интегрированных в ГИС-проект, позволило оконтурить участки распространения «красных» туфов. Суммарная выявленная площадь их распространения составляет более 1000 км², соответствует границам Тюгенинского вулканического поля и пространственно контролируется системой разрывных дислокаций северо-западного простирания.

Разломы

Все выходы вулканических пород протягиваются в с-с-з направлении и формируют линейную зону. При дешифрировании космических снимков (снимки Landsat-8 и Bing Map) на территории Лено-Вилуйского района были установлены линейные элементы – разрывы левосдвиговой кинематики, имеющие северо-западное и субширотное простирание, протяженностью, соответственно, до 300 км и до 150 км, контролирующей распространение вулканогенных образований. По этим нарушениям происходит смещение долин рек на расстояние от 2

до 6 км (рис. 4). Аналогичные левосдвиговые смещения диагностируются и по изменению геометрии озер (рис. 5). Разломы тектонически активны, с ними связаны сейсмические события слабой и умеренной интенсивности (энергетические классы от 6,5 до 10,6) [2]. Тектонические рвы (рис. 6) сопряжены с левосторонними сдвигами и пространственно тяготеют к полям андезитовых лав. Их природа до конца не выяснена. С ними могли быть связаны излияния лав, они могут отражать молодые сейсмические события или оба эти фактора генетически связаны, что требует уточнения.



Рис. 5. Смещение геометрии озера по левостороннему сдвигу. Координаты точки: 62°34'21,89" с.ш., 127°47'5,05" в.д.



Рис. 6. Тектонический ров, пересекающий поле андезитовых лав и красных туфов. Координаты точки: 62°33'2,66" с.ш., 125°47'14,44" в.д.

Металлогеническая специализация вулканических пород

Ранее [3, 4] было показано, что в вулканах присутствует наложенная Ва-Ag-Cu рудная минерализация, представленная барит-цельзиан-гидрофановым минеральным парагенезисом. С минералами бария ассоциируют кварц, халькопирит, галенит и ряд минералов серебра: аргентит, имитерит, миаргирит и самородные серебро и медь.

Для анализа рудопродуктивности магматических образований используется модель O.Gerel [8], разработанная для медно-порфировых месторождений Монголии и расширенная для продуктивных оловорудных систем [9]. В этой модели касситерит-кварцевые месторождения занимают интервал значений K_2O/Na_2O от 1,3 до 2,0; касситерит-силикатные – от 1,5 до 2,0; касситерит-сульфидные – от 1,7 до 2,0; золотомедные – от 0,7 до 1,3 и медно-молибденовые – от 0,3 до 0,7. Основное количество точек составов вулканических пород попадает в поле Au-Cu специализации (рис. 7).

На примере континентальных вулканических ассоциаций Центральной Монголии В.В. Кепежинский и И.В. Лучицкий показали, что зависимость содержания золота от состава изверженных пород является одним из важных металлогенических аспектов вулканизма. По их данным существует связь между повышенным содержанием золота и относительно высокой калиевоностью вулканических пород различной основности [10]. Аналогичная зависимость наблюдается и для вулканических пород Тюгенинского поля (рис. 8).

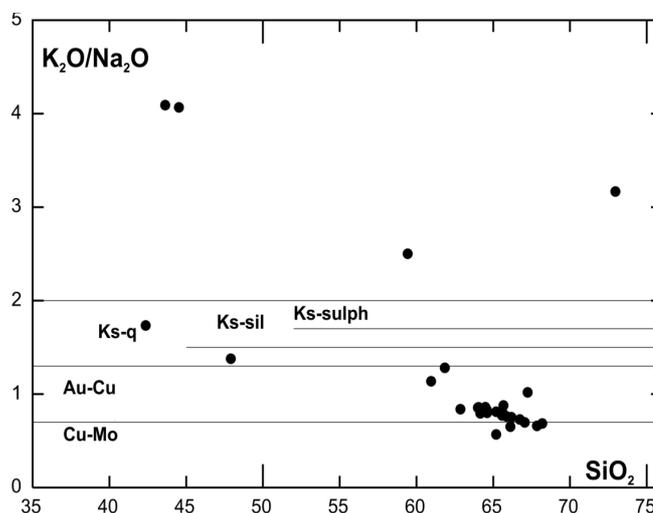


Рис. 7. Металлогеническая специализация вулканических пород Тюгенинского поля. Модель O.Gerel для медно-порфировых месторождений Монголии [7], расширенная для продуктивных оловорудных систем [3]

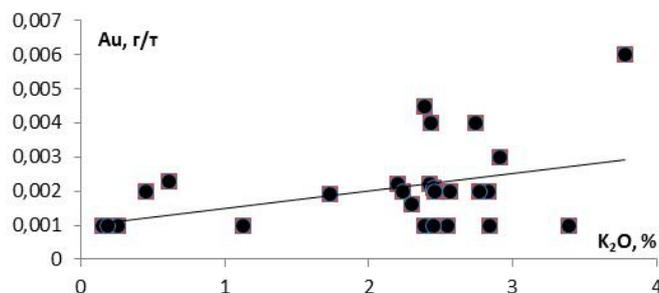


Рис. 8. Зависимость содержаний золота от повышенной калиевоности вулканических пород и линия тренда. Золото определялось атомно-абсорбционным анализом в химической лаборатории ИГАБМ СО РАН на приборе iCE 3000 Series AAS (предел обнаружения 0,0001 г/т)

Выводы

На базе интегрированных в ГИС-снимков Landsat-8 и Bing Map выявлено два типа вулканических аппаратов. Андезитовый тип представлен вулканическим пирокластическим конусом и кольцевыми валами вокруг конуса, дацитовый – вулканическим конусом и несколькими потоками. Размещение вулканических образований контролируется разломами левосдвиговой кинематики. Присутствует связь между повышенным содержанием золота и относительно высокой калиевостью вулканических пород различной основности Тюгенинского поля. Общая металлогеническая специализация лав относится к Au-Cu типу.

Исследования выполнены по плану НИР ИГАБМ СО РАН, базовый проект № VIII.72.2.5.

Литература

1. Костин А.В. Моделирование карты теневого рельефа Якутии средствами ГИС для прогнозирования потенциальных рудно-магматических систем // Наука и образование. 2010, №1. С.63–70.
2. Костин А.В., Гриненко В.С., Трунилина В.А., Шибяев С.В., Кривошапкин И.И. Тюгенинское вулканическое поле – новый геологический объект востока Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: Мат-лы Всерос. научно-практ. конф., 6–8 апреля 2016 г. Якутск: Изд. дом СВФУ, 2016. С. 380–383.
3. Костин А.В., Гриненко В.С., Олейников О.Б. и др. Первые данные о проявлении верх-

немелового вулканизма зоны перехода «Сибирская платформа – Верхояно-Колымская складчатая область» // Наука и образование. 2015. №1. С. 30–36.

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

5. Hkeyser https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATseax_vent_2013A.jpeg (Own work).

6. Hickson C.J., Edwards B.R., 2001. Volcanoes and Volcanic Hazards in Canada. In; Brooks G R (ed) {A Synthesis of Geological Hazards in Canada}, Geol Surv Can Bull, 548: 1–248.

7. Silber A. et al. Mineralogical and chemical composition of three tuffs from northern Israel // Geoderma. 1994. Т. 63, №2. С. 123–144.

8. Gerel O. Mineral resources of the western part of the Mongol-Okhotsk Foldbelt. In Ishihara S. & Czamanske G.K. eds. Resource Geology Special Issue 18, 1995. P. 151–157.

9. Костин А.В., Трунилина В.А. Магматизм Восточной Якутии: ГИС-проект, базы данных, полезные ископаемые // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: Мат-лы Всерос. научно-практ. конф. Якутск: Изд. дом СВФУ, 2014. С. 252–256.

10. Кепежинская В.В., Лучицкий И.В. Континентальные вулканические ассоциации Центральной Монголии. М.: Наука, 1974. 72 с.

Поступила в редакцию 29.04.2016

УДК 553.98.04 (571.56-15)

Новые представления о крупном нефтеносном потенциале центральных районов Западной Якутии

В.С. Ситников, Н.Н. Алексеев, К.А. Павлова

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

Приведены краткие сведения о территориях Западной Якутии с установленной и прогнозируемой нефтеносностью осадочного чехла. Предложены новые научные подходы к прогнозу нефтеносности осадочных толщ в условиях востока Сибирской платформы. Развиваются новые представления о зонах нефтегазоаккумуляции новообразованного типа. Их выделение правомерно в геологических усло-

СИТНИКОВ Вячеслав Стефанович – д.г.-м.н., зав. лаб., sitgeo@mail.ru; АЛЕКСЕЕВ Николай Николаевич – к.г.-м.н., с.н.с., vera@ipng.usn.ru; ПАВЛОВА Капитолина Алексеевна – м.н.с., pavlova_kapitolina@mail.ru.