

## Минералогические особенности золотосульфидных вкрапленных рудных проявлений Лено-Анабарского междуречья (северо-восток Сибирской платформы)

Б.Б.ГЕРАСИМОВ (Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН); 677980, г.Якутск, проспект Ленина, д. 39),  
Р.Ю.ЖЕЛОНКИН (АО «Алмазы Анабара»; 677007, г. Якутск, ул. Чернышевского, д. 2)

Приведены результаты исследований минералогических особенностей золотосульфидных рудных проявлений вкрапленного типа в терригенных и карбонатных толщах трех тектонических структур различного порядка Лено-Анабарского междуречья: Сололийского выступа, Лено-Анабарского прогиба и Эбеляхского поднятия. Выявлено, что во всех изученных объектах состав рудных минералов примерно одинаковый. Вкрапленная рудная минерализация представлена золотом, серебром, пиритом, сфалеритом, халькопиритом, галенитом, аргентитом, антимонитом, киноварью, самородным оловом и баритом. Установлено, что рудные проявления локализованы в зонах разломов, подновленных в мезозойское время, что позволило предположить формирование изученных рудных проявлений в результате процессов мезозойской тектономагматической активизации.

*Ключевые слова:* Лено-Анабарское междуречье, золото, сульфиды, рудная минерализация, золотосульфидные проявления, зоны разломов, тектономагматическая активизация.

Герасимов Борис Борисович  
Желонкин Роман Юрьевич



bgerasimov@yandex.ru

## Mineralogical characteristics of disseminated gold-sulfide ore occurrences in the Lena-Anabar interfluvium (northeastern Siberian platform)

B.B.GERASIMOV, R.Yu.ZHELONKIN

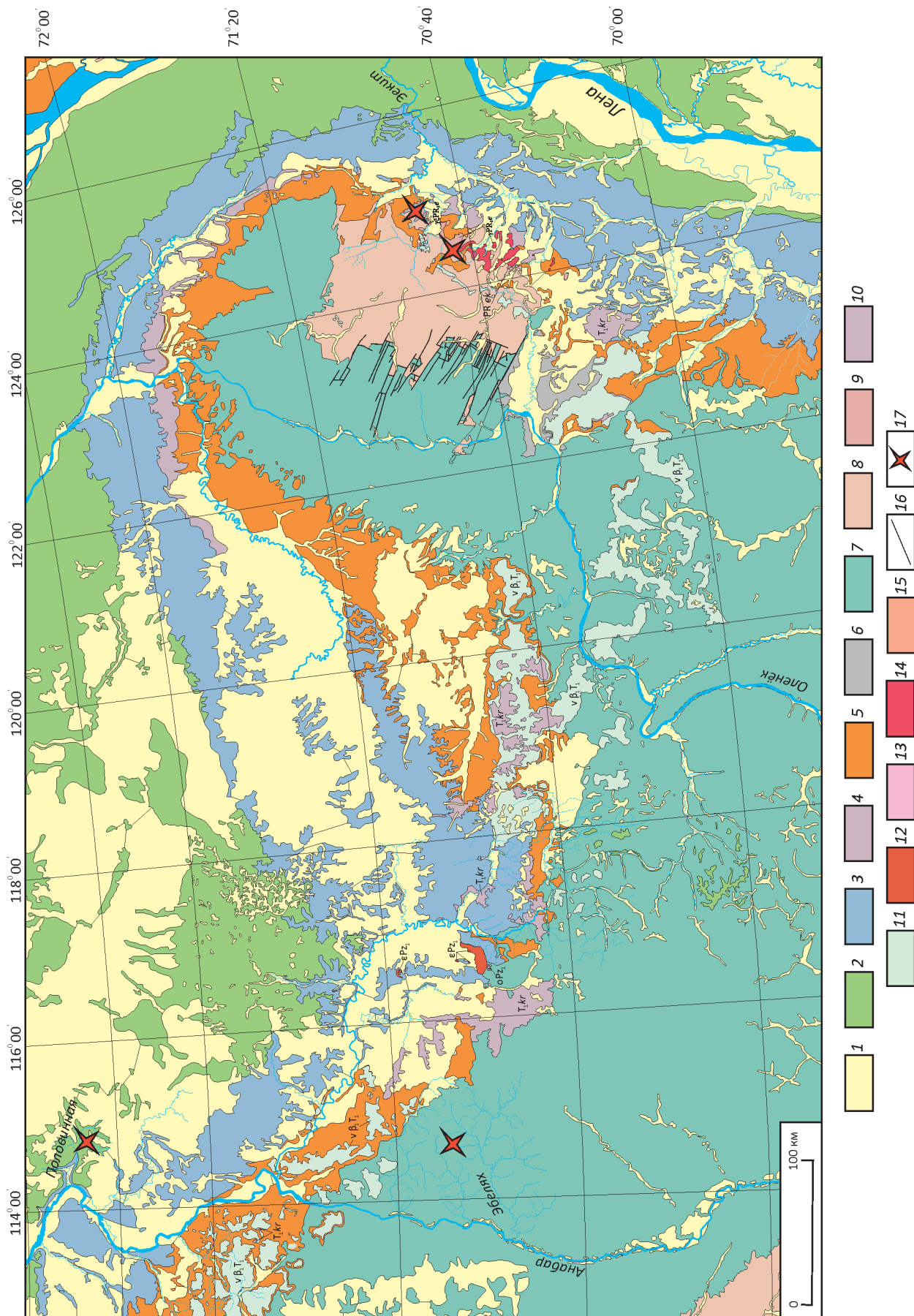
The study results of mineralogical characteristics of disseminated gold-sulfide ore occurrences in terrigenous and carbonate rocks of three tectonic structures of different order in the Lena-Anabar interfluvium: Sololi protrusion, Lena-Anabar basin, and Ebelyakh uplift, are given. It is found that composition of ore minerals is similar in all of the studied objects. Disseminated ore mineralization includes gold, silver, pyrite, sphalerite, chalcopyrite, galena, argentite, antimonite, cinnabar, native tin and barite. It is established that ore occurrences are confined to the fault zones reactivated in Mesozoic time, which suggests that the studied ore occurrences were formed as a result of processes of tectono-magmatic activation.

*Key words:* Lena-Anabar interfluvium, gold, sulfides, ore mineralization, gold-sulfide occurrences, fault zones, tectono-magmatic activation.

На обширной территории Лено-Анабарского междуречья известны многочисленные россыпные проявления мелкого и тонкого золота, для которых остается открытой проблема их коренных источников. В связи с этим весьма актуальным является выявление зон рудной минерализации как потенциальных источников мелкого и тонкодисперсного золота. В результате полевых оценочно-ревизионных работ, проведенных в 2014–2016 гг., были обнаружены и изучены рудные проявления вкрапленного типа с тонкодисперсным золотом в разновозрастных толщах в пределах трех тектонических структур разного порядка Лено-Анабарского междуречья: Сололийского выступа

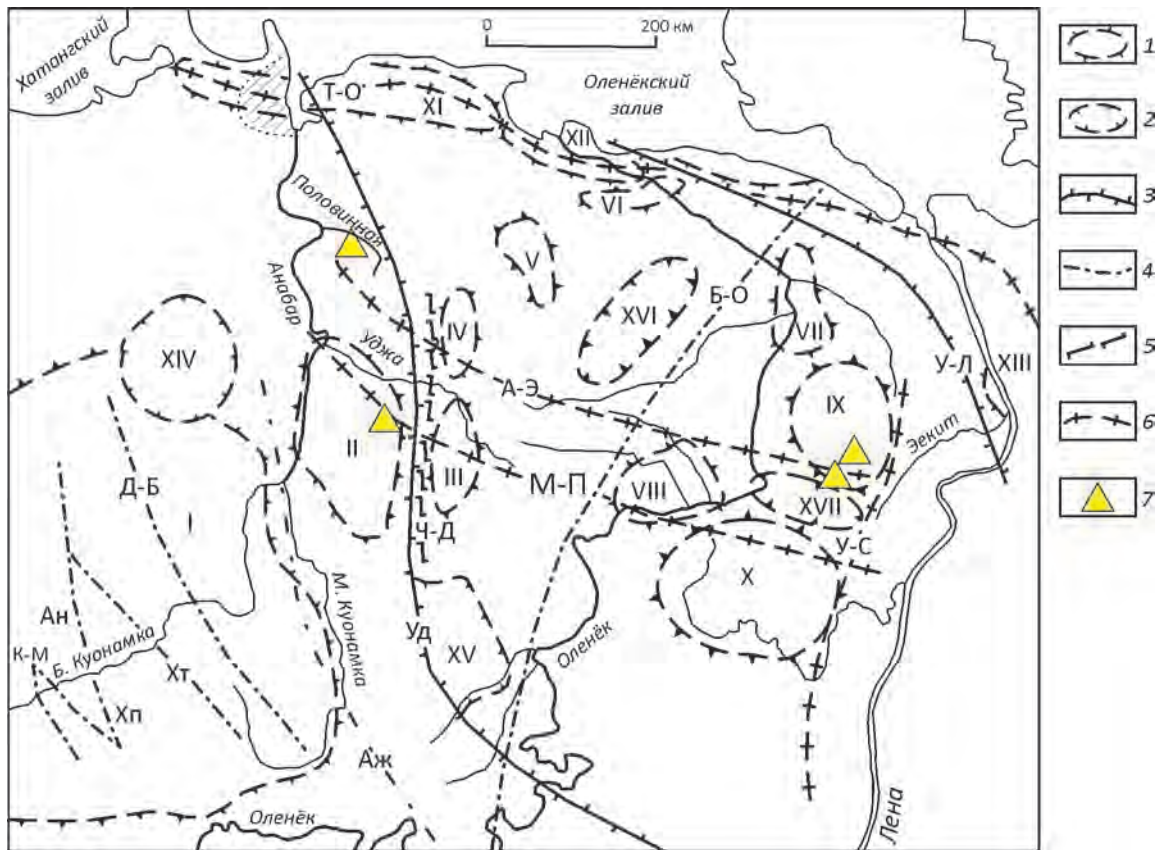
Оленёкского поднятия, Лено-Анабарского прогиба и Эбеляхского поднятия.

*Геолого-структурная позиция.* В геологическом строении рассматриваемой территории принимают участие метаморфические, осадочные и вулканогенно-осадочные породы протерозойского, палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста (рис. 1). Магматические образования представлены породами гранитоидной, ультраосновной, щелочно-ультраосновной и трапповой формаций, относящимися к протерозойскому, среднепалеозойскому и мезозойскому магматическим этапам [3, 6, 9]. Тектоническая позиция района определяется расположением в области развития двух



**Рис. 1. Схема геологического строения Лено-Анабарского междуречья.** По материалам Б.Р.Шпунта [9] и Л.И.Сметанниковой и др. [3]:

1 – четвертичные аллювиальные и озерно-болотные отложения, представленные галечниками, песками, суглинками, супесями и илами; 2 – меловые песчаники и аргиллиты с прослоями алевролитов, конгломератов и гравелитов; 3 – юрские песчаники, конгломераты, аргиллиты, алевролиты с прослоями углей и линзами известняков; 4 – триасовые песчаники, алевролиты, аргиллиты с линзами углей и конгломератов, туфопесчаники; 5 – пермские песчаники, гравелиты, аргиллиты, конгломераты, туфопесчаники, углистые сланцы, угли и конкреции песчаников и сидеритов; 6 – каменноугольные мергели, песчаники, конгломераты, известняки, глинистые доломиты, линзы ангидридов, гипсов, гравелитов; 7 – кембрийские известняки, доломиты, известковистые доломиты с прослоями горючих сланцев, мергели с прослоями аргиллитов и битуминозные известняки с линзами песчаников и конгломератов; 8 – позднепротерозойские карбонатные и вулканогенно-осадочные породы; 9 – образования эекитской серии раннего протерозоя, представленные метаморфизованными сланцами и песчаниками; 10 – триасовые вулканогенные лавы и туфы основного состава,  $T_1kr$ ; 11 – триасовые долериты,  $v\beta_1T_1$ ; 12 – палеозойские щелочные и нефелиновые сиениты,  $\varepsilon PR_1$ ; 13 – палеозойские мельтейгиты, малиниты и нефелиновые базальты,  $oPz_1$ ; 14 – протерозойские биотитовые граниты и гранодиориты,  $\gamma PR_1e$ ; 15 – протерозойские кварцевые габбро-диабазы и кварцевые диориты,  $\gamma \zeta PR_1e$ ; 16 – разрывные нарушения; 17 – золотосульфидные рудные проявления



**Рис. 2. Тектоническая схема Лено-Анабарского междуречья.** По материалам Б.Р.Шпунта [8, 9]:

1 – поднятия: I – Анабарское, II – Эбеляхское, III – Уджинское, IV – Билирское, V – Буолкалахское, VI – Чарчыкское, VII – Тюмятинское, VIII – Куюйское, IX – Сололийское, X – Далдынское, XI – Тигяно-Оленёкское, XII – Усть-Оленёкское, XIII – Хараулахское; 2 – прогибы и впадины: XIV – Попигайский грабен, XV – Суханская впадина, XVI – Ары-Онгорбутская впадина, XVII – Кютюндгинский прогиб; 3–6 – зоны разломов: 3 – предположительно позднеархейского заложения (Уд – Уджинская, У-Л – Усть-Ленская), 4 – предположительно среднепротерозойского заложения (К-М – Котуйкан-Монхотинская, Ан – Анабарская, Хп – Харапская, Д-Б – Дъегес-Биригиндинская, А-Ж – Анабаро-Жиганская, Б-О – Буро-Оленёкская), 5 – предположительно нижнепалеозойского заложения (Ч-Д – Чымара-Джелиндинское), 6 – предположительно среднепалеозойского заложения (М-П – Молодо-Попигайская, А-Э – Анабаро-Эекитская, Т-О – Тигяно-Оленёкская, У-С – Усунку-Сюнгодинская); 7 – золотосульфидные рудные проявления



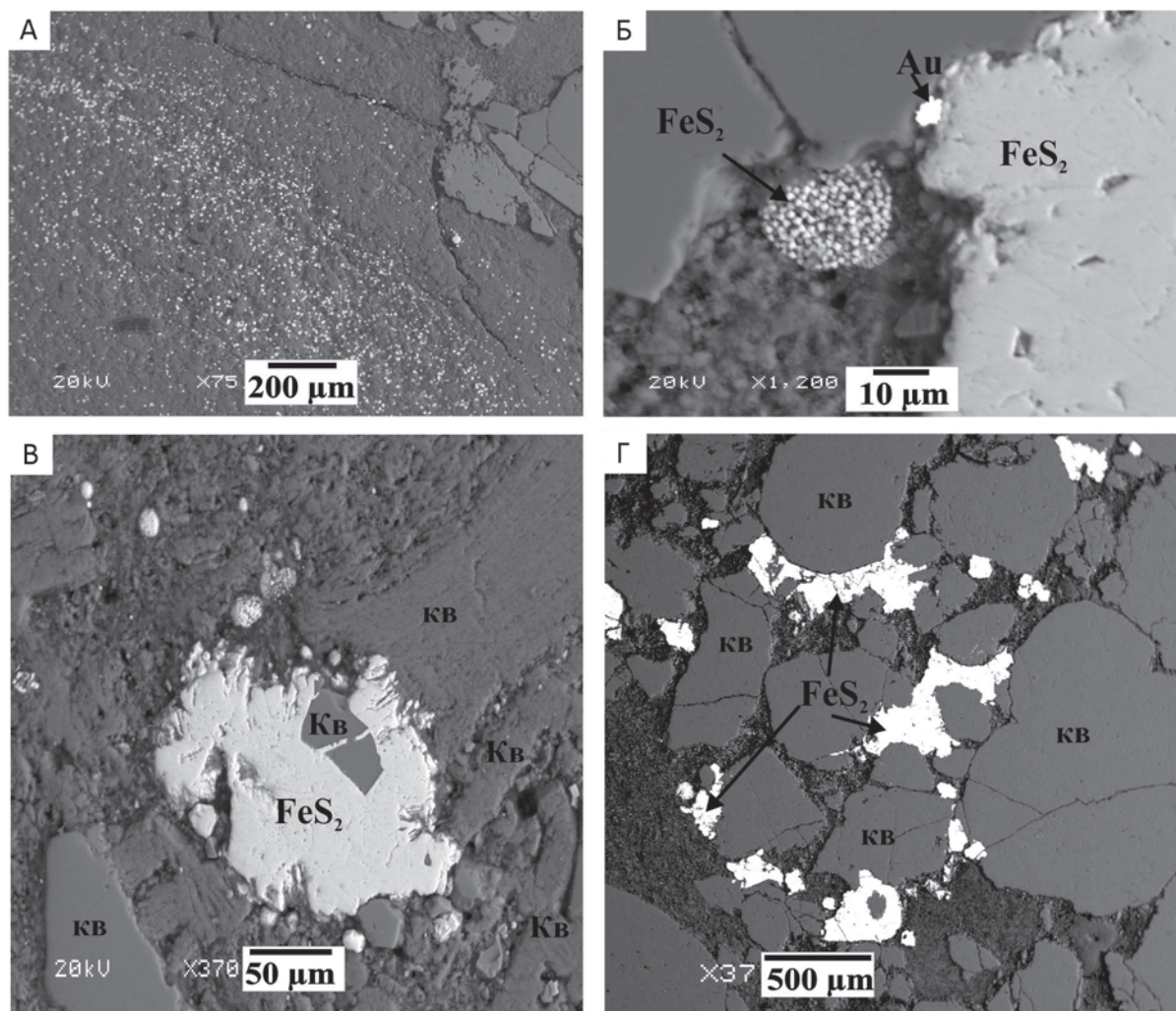


Рис. 3. Золотосульфидная вкрапленная минерализация в раннепермских конгломератах:

А – вкрапленная сульфидная минерализация; Б – сростание тонкодисперсного золота с пиритом и пиритовый фрамбоид; В–Г – пирит, развитый по трещинам раздробленной гальки кварца

крупных структур Сибирской платформы – Анабарской антеклизы и Лено-Анабарского прогиба. На Анабарской антеклизе выделяются Анабарский массив, Оленёкское поднятие с Сололийским, Далдынским и Куойским блоковыми выступами, Уджинское блоковое поднятие, Суханская впадина и ряд более мелких структур второго (Эбеляхское поднятие и др.) и третьего порядка (рис. 2). Лено-Анабарский прогиб – крупная линейная зона погружения, ограничивающая Анабарскую антеклизу на севере. По данным предшественников современный структурный план фундамента и платформенного чехла исследуемой территории сформировался в результате неоднократных активизаций древних разломов [4, 5, 7]. Например, в период мезозойской тектономагматической активизации произошло омоложение древних систем глубинных разломов

(Молодо-Попигайской, Анабаро-Эйекинской и др.), что привело к образованию целой серии новых разрывных нарушений.

*Результаты исследований и обсуждение.* На Сололийском выступе Оленёкского поднятия (бассейн р. Ортоку Эеки) наложенная вкрапленная рудная минерализация изучена в кварцевых мелкогалечных конгломератах раннепермского возраста и представлена пиритом, сфалеритом, халькопиритом, галенитом, аргентитом, самородным оловом и баритом (рис. 3, А). Наибольшей распространенностью обладает пирит, характеризующийся в основном кубическими кристаллами и их агрегатами, а также фрамбоидальными формами (см. рис. 3, Б). Микронзондовым анализом установлены мельчайшие (до 5 мкм) золотины в сростании с изометричными кристаллами пирита (см. рис. 3, Б).

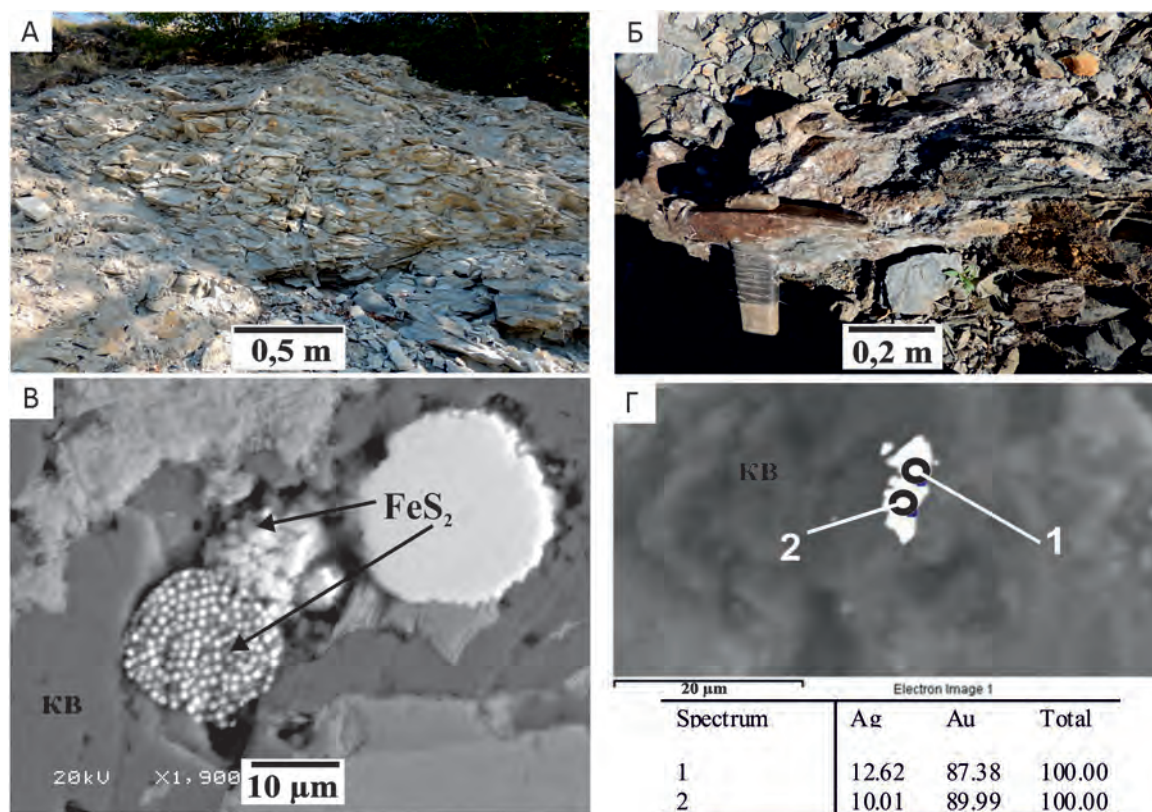


Рис. 4. Золотосульфидная вкрапленная минерализация в измененных позднепермских песчаниках:

А – зона тектонической трещиноватости в позднепермских песчаниках; Б – кварц-кальцит-сидеритовая брекчия; В – фрамбониды пирита в кварц-кальцит-сидеритовых брекчиях; Г – среднепробная золотина в кварцевом прожилке

По данным пробирного анализа содержание золота в конгломератах достигает 2,8 г/т, что намного превышает результаты шлихового опробования – 53 мг/м<sup>3</sup>. В связи с этим справедливо констатировать, что значительная часть золота в этих отложениях находится в тонкодисперсном состоянии и, вероятно, связана с описанной сульфидной минерализацией. Важно подчеркнуть, что рудная минерализация приурочена главным образом к маломощным зонам катаклаза и дробления конгломератов, обусловленных тектоническим воздействием (см. рис. 3, В–Г). Это позволяет предположить, что наложенная золотосульфидная гидротермальная минерализация вкрапленного типа могла сформироваться в результате проявлений тектономагматической активизации постпермского возраста, при которых происходила миграция золотоносных гидротермальных растворов по разрывным нарушениям. Данное положение подтверждается обнаружением в бассейне р. Сололи (северо-восточнее изученных конгломератов) зоны тектонической трещиноватости в песчаниках никабытской свиты поздней перми (рис. 4, А). Видимая мощность зоны 5–6 м, при видимой протяженно-

сти около 40 м. Песчаники, залегающие на метасланцах экитской серии протерозоя – это среднезернистые светло-серые породы, интенсивно проработанные вторичными процессами. Наблюдаются многочисленные трещины горизонтального и вертикального заложения. В нижней части разреза измененных песчаников наблюдаются секущие их кварц-кальцит-сидеритовые брекчии (см. рис. 4, Б), в которых установлена сульфидная вкрапленная минерализация (пирит, арсенопирит, киноварь) и мельчайшие (до 10 мкм) частицы золота (см. рис. 4, В–Г). Пробирный анализ показал содержание в них золота до 0,5 г/т.

Следует отметить, что предшественники [7], изучая минералогию аллювиальных отложений Лено-Анабарского междуречья, предположили, что рудная минерализация мезозойского возраста, возможно, связана с Анабаро-Экитской зоной глубинных разломов, которая простирается от Сололийского выступа Оленёкского поднятия параллельно кряжу Прончищева, через Анабаро-Оленёкский прогиб до Лено-Анабарского прогиба, захватывая бассейны рек Экит (в том числе реки Ортоку Экит и Сололи), Содимыха,



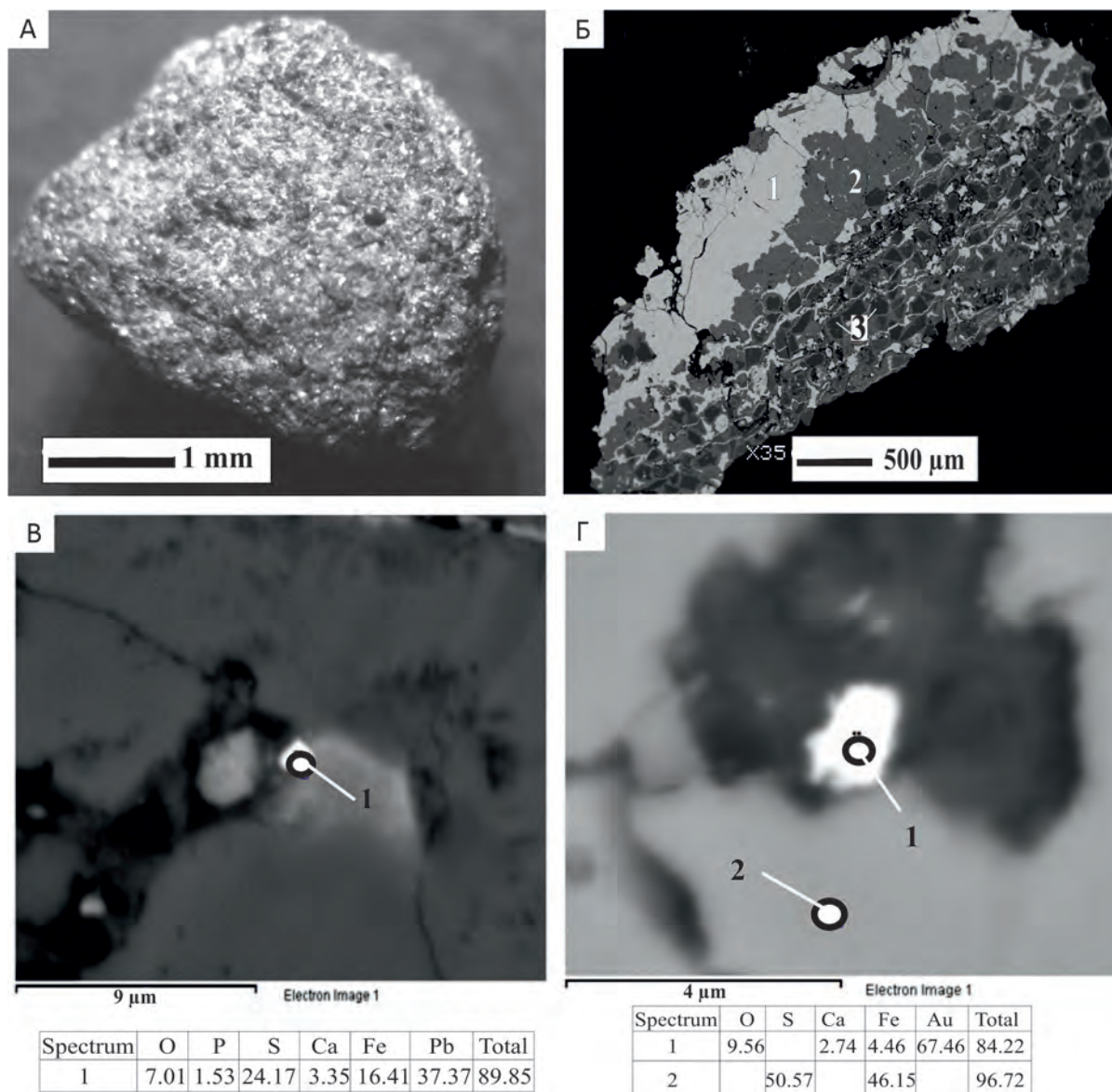


Рис. 5. Золотосульфидная минерализация бассейна р. Половинная:

А–Б – обломок пиритизированной породы: А – общий вид, Б – в полированном срезе (1 – пирит, 2 – фторапатит, 3 – альбит); В – минеральная фаза галенита; Г – минеральные фазы пирита и золота

Хатыгын-Юэлэтэ, Кангалас-Юэлэтэ, Буолкалах и Половинная (см. рис. 2).

В свете изложенного весьма интересным является обнаружение в аллювиальных отложениях р. Половинная, дренирующей юрские и меловые отложения, небольших обломков (3–4 мм) золотосодержащих пиритизированных пород (рис. 5, А), минеральный состав которых представлен пиритом, альбитом, фторапатитом, баритом и кварцем (см. рис. 5, Б). В этих породах микрондовым анализом выявлены мельчайшие (первые мкм) минеральные фазы самородного золота, аргенти-

та, галенита и сфалерита (см. рис. 5, В–Г), что является прямым обоснованием наличия в районе рудопроявлений (зон минерализации) с тонкодисперсным золотом. Следует подчеркнуть, что описанные обломки довольно хрупкие и при незначительном воздействии стальной иглой разрушаются. Хрупкость этих обломков указывает на непосредственную близость перемываемых рудопроявлений. В связи с этим находка пиритизированных золотосодержащих пород свидетельствует о наличии близлежащих рудопроявлений с тонкодисперсным золотом, вероятно, связанных с Анабаро-Экитской

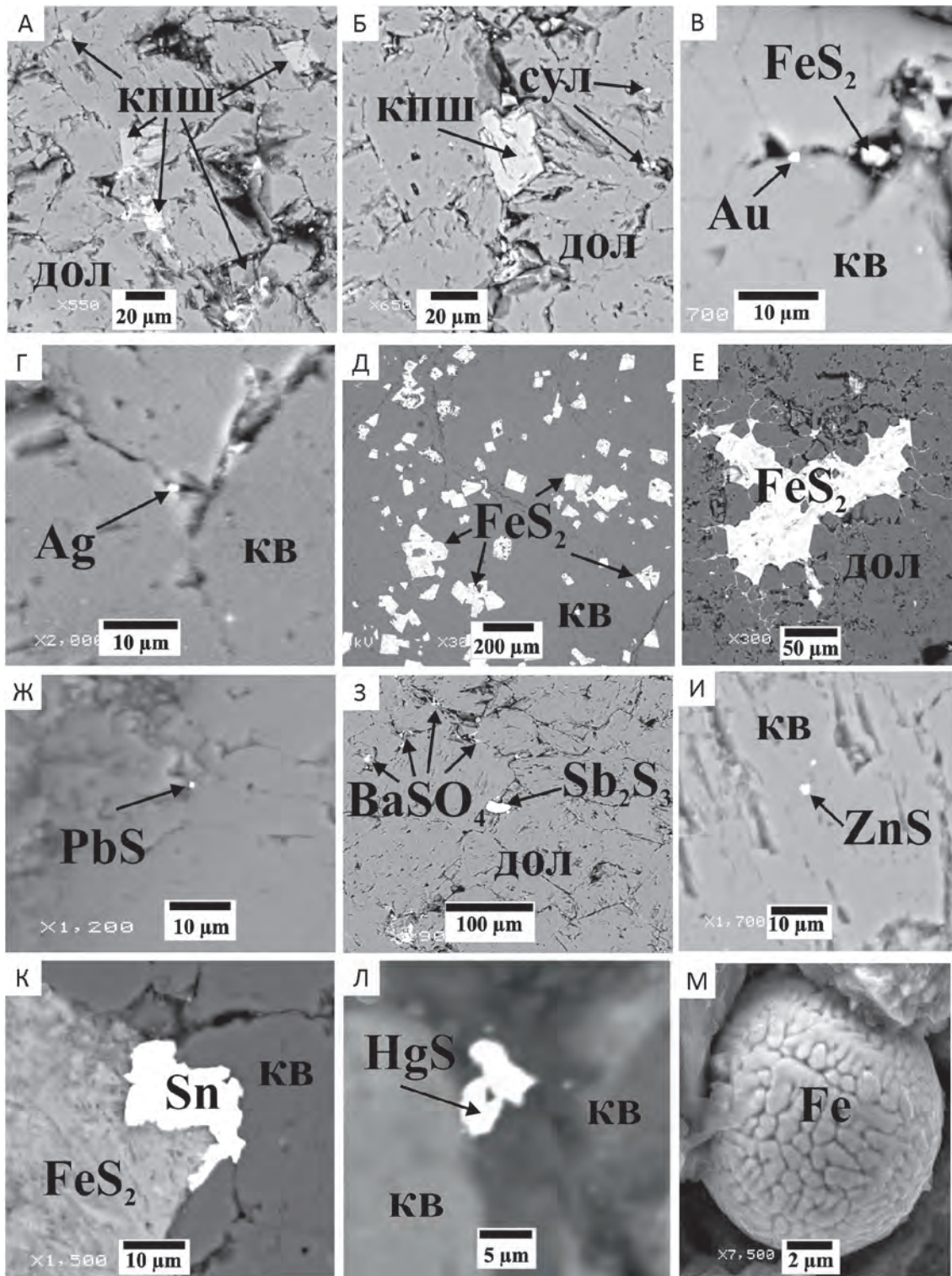


Рис. 6. Золотосульфидная минерализация бассейна р. Эбелях:

А – кристаллы калиевого полевого шпата в микрозоне дробления доломита; Б – калиевый полевой шпат в микротрещине доломита и сульфидные минералы, развитые по периферии микротрещин; В – мельчайшие фазы золота и пирита в кварцевом прожилке; Г – фаза серебра в кварцевом прожилке; Д – кубические кристаллы пирита в кварцевой жиле; Е – пирит, развитый в зоне микродробления доломита; Ж – фаза галенита в кварце; З – зерно антимонита и прожилки барита в микрозоне трещиноватости доломита; И – фаза сфалерита; К – самородное олово в срастании с пиритом и кварцем; Л – фаза киновари; М – сфероид самородного железа в микротрещине доломита



зоной разломов [1]. Примечательно, что она протягивается параллельно Молодо-Попигайской системе разломов (см. рис. 2), также подновленной в мезозойское время, в пределах которой (бассейн р. Эбелях) обнаружена минерализованная зона тектонической трещиноватости кембрийских карбонатных пород видимой протяженностью около 800 м и шириной 15–20 м. В измененных доломитах, что выражено в окварцевании и калишпатизации, содержание Au по данным атомно-абсорбционного анализа достигает 0,6 г/т [2].

Измененные доломиты окрашены в жваво-бурые цвета. Текстура их преимущественно полосчатая, сетчато-прожилковая, обусловленная развитием различно ориентированных прожилков оксидов железа, по-видимому, продуктов разложения пирита. Кварц проявлен в основном в виде маломощных жил и прожилков в доломитовой матрице. Калиевый полевой шпат небольших размеров (первые десятки микрон по длинной оси) наблюдается главным образом в микрозонках дробления и микротрещинах доломитов (рис. 6, А–Б). Микронзондовым анализом в измененных породах определены мельчайшие (первые мкм) выделения самородного золота, серебра, пирита, сфалерита, галенита, антимонита, аргентита, самородного олова и цинка, барита, а также сфероидальные образования железа. Самородное золото и серебро, как правило, развиты в микротрещинках кварцевых жил в виде весьма мелких (первые мкм) изометричных выделений (см. рис. 6, В–Г). Среди сульфидных минералов наиболее распространены пирит, характеризующийся в основном кубическими кристаллами и их агрегатами, довольно часто окисленными (см. рис. 6, Д–Е). Размеры его колеблются от первых до 150–200 мкм. Сфалерит, галенит, антимонит и аргентит отмечаются в подчиненном количестве и представлены мелкими (первые мкм, редко до 10 мкм) зернами (см. рис. 6, Ж–И). Самородное олово размером до 20 мкм наблюдается в сростании с окисленным пиритом и кварцем (см. рис. 6, К). Важно подчеркнуть, что в результате детального микронзондового исследования аншлифов измененных доломитов удалось диагностировать одно весьма мелкое зерно киновари неправильной формы (см. рис. 6, Л). Самородное железо сфероидальной формы размером до 5 микрон встречается в микротрещинах измененных доломитов (см. рис. 6, М). Установление в качестве минеральных парагенезисов золотосодержащих фаз индикаторов низкотемпературных гидротермальных процессов – киновари, аргентита, антимонита и барита – свидетельствует о близповерхностных и низкотемпературных условиях образования данного рудопоявления.

В заключение следует отметить, что во всех изученных проявлениях состав рудных минералов примерно одинаковый, и все они локализованы в зонах разломов, подновленных в мезозойское время. Это позволяет судить об их формировании в результате процессов мезозойской тектономагматической активизации. Данные золотосульфидные проявления, вероятно, служат в ка-

честве дополнительных источников мелкого и тонкого золота в современных россыпях, что подтверждается обнаружением от 1 до 10% золота рудного облика в классе –0,2 мм практически во всех изученных россыпях исследуемой территории.

Таким образом, полевые и лабораторные исследования позволили впервые выявить золотосульфидные рудные проявления вкрапленного типа в терригенных и карбонатных толщах Лено-Анабарского междуречья, приуроченных к глубинным разломам и предположительно связанных с проявлениями тектономагматической активизации мезозойского возраста.

*Статья подготовлена по результатам проекта «Стратегически важные виды минерально-сырьевых ресурсов и особенности геологического строения инвестиционно привлекательных территорий Республики Саха (Якутия): металлогения, тектоника, магматизм, геоэкология, совершенствование поисковых и прогнозных технологий» Программы комплексных научных исследований в Республике Саха (Якутия), направленных на развитие ее производительных сил и социальной сферы на 2016–2020 годы», а также по плану НИР ИГАБМ СО РАН проект № 0381-2016-0004.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов Б.Б., Иванов П.О. Типоморфизм россыпного золота и признаки наличия рудных проявлений тонкодисперсного золота в южной части Лено-Анабарского прогиба (северо-восток Сибирской платформы) // Разведка и охрана недр. 2016. № 3. С. 18–21.
2. Герасимов Б.Б., Никифорова З.С. О наложенной рудной минерализации на россыпное проявление р. Каменистый (северо-восток Сибирской платформы) // Отечественная геология. 2016. № 6. С. 62–67.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Анабаро-Виллойская. Лист R-51 – Джарджан. Объяснительная записка // Л.И.Сметанникова, В.С.Гриненко, Ю.А.Маланин и др. – С-Пб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013.
4. Милашев В.А. Структуры кимберлитовых полей. – Ленинград, 1979.
5. Рубенчик И.Б., Борщева Н.А., Зарецкий Л.М. Объяснительная записка к геологической карте масштаба 1: 200 000 (Лист R-50-VII, VIII). 1980.
6. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001.
7. Тимофеев В.И., Нестеров Н.В., Шпунт Б.Р. Золотосодержимость западной Якутии // Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР. – Якутск, 1970. Вып. 17. С. 103–110.
8. Шпунт Б.Р. Типоморфные особенности и генезис россыпного золота на севере Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1974. № 9. С. 77–88.
9. Шпунт Б.Р., Шамишина Э.А., Шаповалова И.Г. Докембрий Анабаро-Оленёкского междуречья. – Новосибирск: Наука, 1976.