

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И МЕТАЛЛОНОСНОСТЬ ШУЙСКО-ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ПЛОЩАДИ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

Представлены сведения об особенностях геологического строения Шуйско-Петрозаводской площади и ее геохимии. Намечены предпосылки формирования месторождений цветных и других металлов, признаки, свидетельствующие о проявленности их рудоконцентрирования.

Ключевые слова: *геологическое строение, метасоматоз, геохимия, перспективы.*

The information about features of Shuisko-Petrozavodskaya square's geological structure and geochemistry. Preconditions of non-ferrous and other metals deposits' formation, also signs evidencing the manifestation of their ore concentration are identified.

Keywords: *geological structure, metasomatism, geochemistry, perspectives.*

В 2000–2002 гг. по заказу Комитета природных ресурсов Республики Карелия на основе комплексного металлогенического анализа выполнены исследования по прогнозной оценке Прионежской впадины на цветные, редкие и благородные металлы, в результате которых в качестве наиболее перспективной выделена Шуйско-Петрозаводская площадь. Она охватывает северную часть Прионежской впадины и ее ближайшего обрамления общей площадью около 600 км² и сложена осадочными и вулканогенно-осадочными породами и интрузивными образованиями раннекарельского (2300–1900 млн лет) и позднекарельского (1900–1650 млн лет) возрастов. Первые являются фундаментом впадины, обрамляют ее с севера и северо-запада, образуя локальные выступы в центре (рис. 1). В составе раннекарельского структурно-вещественного комплекса принимают участие диабаз-сланцево-карбонатные отложения туломозерской, доломит-диабаз-углеродистосланцевые заонежской и туфопикрит-базальтовые суйсарской свит. Интрузивные породы представлены межпластовыми интрузиями и штоками габбро-диабазов заонежского комплекса и габбро-долеритов, оливиновых габбро виданского комплекса.

Позднекарельский структурно-вещественный комплекс включает вепсийские песчаники с редкими горизонтами аргиллитов петрозаводской свиты и углеродсодержащие туфопесчаники, песчаники, алевролиты падосской свиты калевийского надгоризонта. По составу и характеру разреза эта свита подразделяется на три подсвиты. Нижняя подсвита в основании имеет мелкозернистые песчаники с прослоями алевролитов, которые перекрываются флишоподобными аргиллит-алевролит-песчаниковыми отложениями. Средняя подсвита латерально изменчива. В западной части площади низы ее существенно песчаниковые, а в северо-восточной — аргиллит-алевролитовые, ритмично-слоистые. Завершают разрез в обеих частях углеродсодержащие туфопесчаники, алевролиты, ритмично переслаивающиеся. Верхняя подсвита

представлена песчаниками и алевролитами с горизонтами глинистых и песчаных известняков.

Особенностью разреза Шуйско-Петрозаводской площади является широкое развитие флюидогенерирующих углеродсодержащих образований. Почти вся ее территория перекрыта четвертичными осадками, поэтому представления о ее внутреннем строении опираются на данные бурения и интерпретации геофизических материалов. Установлено, что на общем фоне пологозалегающих локальных структур выделяются складчатые и разрывные нарушения, значительно усложняющие ее тектонический план. В южной части площади располагается Петрозаводское поднятие близширотного простирания (рис. 1). Оно ограничено с севера и юга швами одноименной зоны глубинных разломов. На западе поднятие обрывается разломами Гирвасской зоны, а на востоке Западно-Онежской. В пределах фундамента располагаются два выступа пород фундамента — Вилгинский и Сулажгорский, которые выполнены доломитами с прослоями глинистых сланцев туломозерской свиты, перекрывающими их углеродистыми сланцами с горизонтами диабазов заонежской свиты и туфами пикритов и базальтов суйсарской свиты. Эти породы интродуцированы телами габбро-долеритов заонежского комплекса.

Геофизические поля Петрозаводского поднятия характеризуются дифференцированным рисунком, представленным контрастными зонами Δg и ΔT с резкими градиентами между ними, что свидетельствует о его сложном тектоническом строении.

С севера к поднятию по разломам примыкает Шуйская, а с юга Лососинская синклиналильные структуры. В Шуйской структуре выделяются две брахиформные мульды — Виданская и Нижнешуйская, центральные части которых сложены песчаниками верхней подсвиты падосской свиты.

Северная и северо-западная части Шуйско-Петрозаводской площади сложены толщами ятулийского и людиковийского надгоризонтов. В поле их развития выделяются две узкие антиклинальные складки северо-западного простирания, по своему

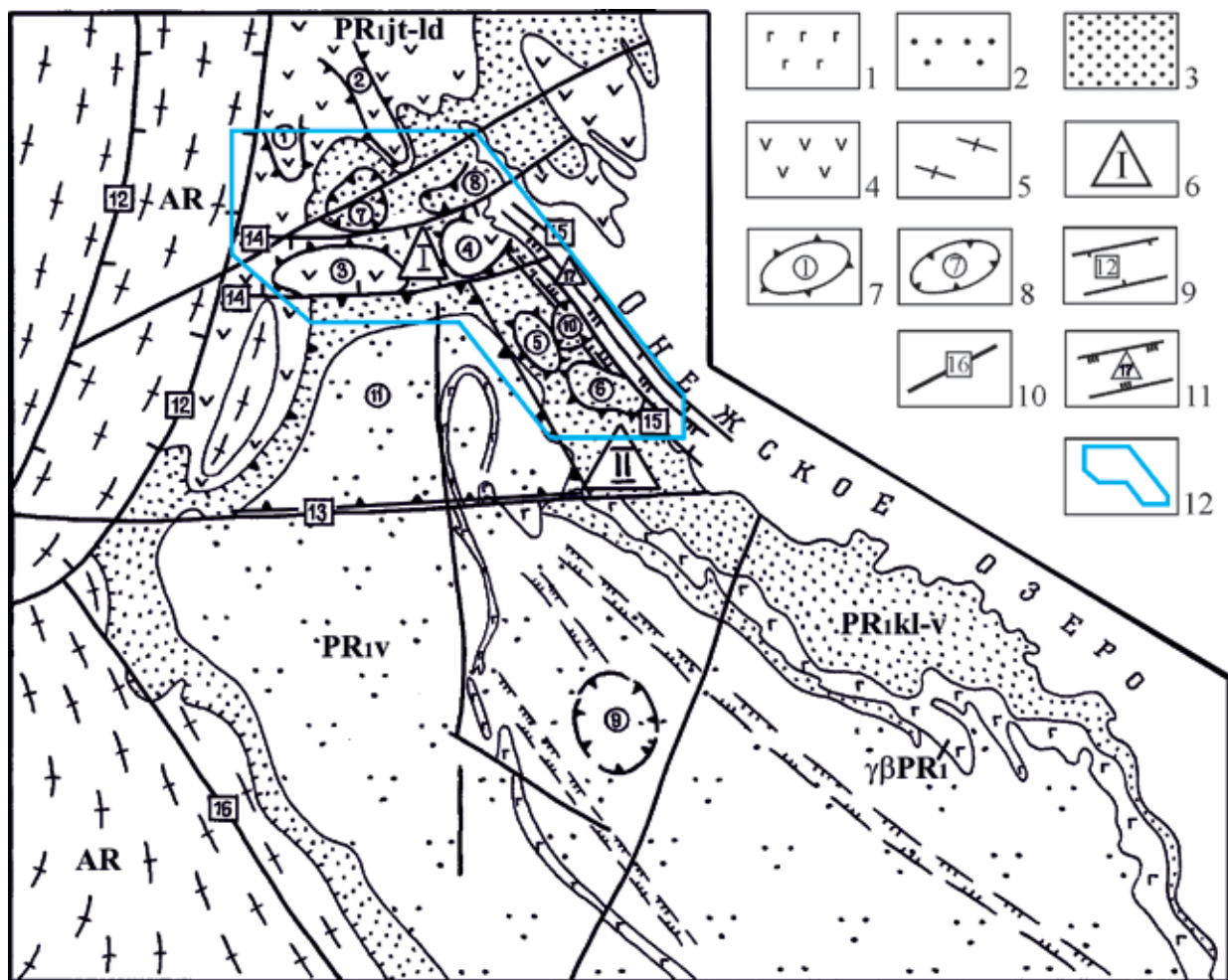


Рис. 1. Схема тектонического строения Прионежской впадины

1–5 – структурно-формационные комплексы (СФК) и формации: 1–3 – калевийско-вепский СФК (1 – габбро-долеритовая, 2 – кварцито-песчанниковая, 3 – туфо-песчанико-алевролитовая углеродсодержащая), 4 – ятулийско-людиковский СФК, 5 – ранне- и позднеархейские СФК; 6–11 – элементы тектоники: 6 – поднятия (I – Петрозаводское, II – Ужесельгско-Сайнаволоцкое), 7 – антиклинальные структуры (1 – Падозерская, 2 – Чалнинская, 3 – Вилгинская, 4 – Сулажгорская, 5 – Орзгская, 6 – Деревянская), 8 – синклинальные структуры (7 – Виданская, 8 – Нижнешуйская, 9 – Ладвинская, 10 – Ужесельгская, 11 – Лососинская), 9 – системы разломов (12 – Гривасская, 14 – Петрозаводская, 15 – Западно-Онежская), 10 – разломы (13 – Елозерский, 16 – Соанварский), 11 – зоны СРД (17 – Сайнаволоцкая); 12 – Шуйско-Петрозаводская площадь

строению близкие к структурам складчато-разрывных дислокаций, контролирующим комплексное уран-благороднометалльно-ванадиевое оруденение в Онежском прогибе.

Магматизм и процессы тектонотермальной активизации, которые протекали на заключительных этапах раннего протерозоя, сопровождались гидротермальной деятельностью и наложением новообразованных минеральных ассоциаций на первичные породы. В результате сформировались две группы гидротермалитов. Одна, магматогенная, связана с внедрением интрузий и вулканизмом основного и ультраосновного состава. Ее ведущим типом гидротермальных ассоциаций являются пропилиты различного состава: хлорит-эпидотовые, хлорит-эпидот-амфиболовые, биотит-амфиболовые и другие парагенезисы с эпидотом, амфиболом, иногда цоизитом. Другая группа – тектоногенная. Изменения этой группы наложены практически на все породы, распространенные в пределах площади, в том числе и на более ранние магматогенные пропилитовые ассоциации (рис. 2). Новообразования этой группы представлены кварцем, хлори-

том, серицитом, альбитом, биотитом, калишпатом, карбонатом, гидрослюдами и другими минералами. Их сочетания образуют различные типовые ассоциации: березиты, альбититы, хлоритолиты и др. Намечается избирательность состава новообразований от замещаемого субстрата. Так, в доломитах туломозерской свиты частыми минералами в гидротермальной ассоциации являются тальк и серпентин совместно с хлоритом, иногда кварцем и альбитом. В терригенных отложениях заонежской свиты распространены преимущественно карбонат-хлорит-биотитовые (биотититы), серицит-карбонат-хлоритовые (хлоритолиты), хлорит-карбонат-альбитовые (альбититы) ассоциации. В туфопесчаниках, песчаниках и алевролитах падосской свиты преобладают кварц-карбонат-серицитовые березиты и хлоритолиты. В песчаниках петрозаводской свиты ведущее место занимают кварц-карбонат-серицитовые и кварц-гидрослюдистые парагенезисы.

Наиболее интенсивно процессы гидротермальных изменений развиваются в тектонических зонах, которые сопровождаются дроблением, катаклизмом и другими нарушениями сплошности пород,

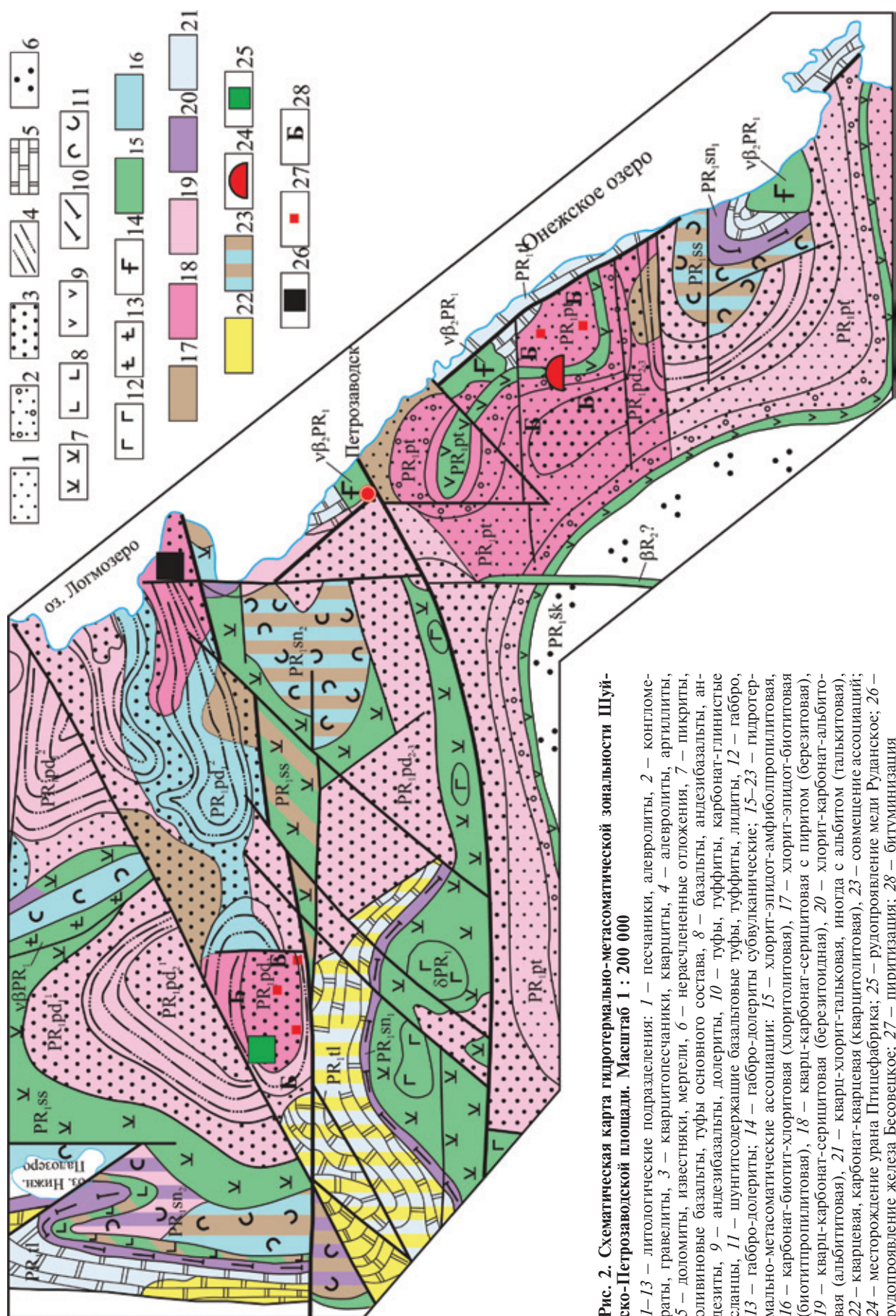


Рис. 2. Схематическая карта гидроtermально-метасоматической зональности Шуйско-Петрозаводской площади. Масштаб 1 : 200 000

1–13 – литологические подразделения: 1 – песчаники, 2 – конгломераты, гравелиты, 3 – кварцитопесчаники, кварциты, 4 – алевролиты, аргиллиты, 5 – доломиты, известняки, мергели, 6 – нерасчлененные отложения, 7 – пикриты, оливковые базальты, туфы основного состава, 8 – базальты, андезитбазальты, андезиты, 9 – андезитбазальты, долериты, 10 – туфы, туффиты, карбонат-глинистые сланцы, 11 – шунгитосодержащие базальтовые туфы, туффиты, лигиты, 12 – габбро, 13 – габбро-долериты; 14 – габбро-долериты субвулканические; 15–23 – гидротермально-метасоматические ассоциации: 15 – хлорит-эпидот-амфиболпропилитовая, 16 – карбонат-биотит-хлоритовая (хлоритовая), 17 – хлорит-эпидот-биотитовая (биотитпропилитовая), 18 – кварц-карбонат-серцитовая с пиритом (березитовая), 19 – кварц-карбонат-серцитовая (березитовая), 20 – хлорит-карбонат-альбитовая (альбитовая), 21 – кварц-хлорит-талльковая, иногда с альбитом (талльковая), 22 – кварцевая, карбонат-кварцевая (кварцитовая), 23 – совместные ассоциации; 24 – месторождение урана Птицефабрика; 25 – рудопроявление меди Руданское; 26 – рудопроявление железа Бесовещское; 27 – пиритизация; 28 – битуминизация

а также в породах с повышенной проницаемостью (гравелиты, крупнозернистые песчаники).

В пределах Виданской мульды развиты березиты кварц-карбонат-серцитового состава. Они занимают секущее положение к залеганию пород и примыкают к северному шву Петрозаводской зоны разломов (рис. 2).

Отмечается также интенсивная битуминизация песчаников петрозаводской и падосской свит, природа которой однозначно не установлена. По мнению Г. В. Афанасьева и др. [1], этот процесс сопровождал внедрение тел габбро-долеритов виданского комплекса. Однако, как показывают петрографические наблюдения, породы падосской свиты испытали интенсивный стадийный эпигенез, протекавший на стадии погружения осадочного бассейна, на что указывает интенсивное уплотнение песчаников, появление выпукло-вогнутых контактов между обломочными зернами, регенерационные каемки в обломках кварца. Учитывая, что под песчаниками свиты залегают углеродистые сланцы заонежской свиты, можно предположить миграцию углеродистого вещества в период инверсии бассейна и фиксацию его в цементе вышележащих песчаников в виде твердых битумов (керитов, антраксолита). Возможно, проявлены оба процесса.

Интенсивные эпигенетические изменения пород сопровождались активным перераспределением химических, в том числе рудных элементов, что отразилось на их резкодифференцированном распределении в однотипных геологических телах. В иерархическом ряду геохимических таксонов Прионежской впадины Шуйско-Петрозаводская площадь входит в пределы Ужесельско-Виданской интенсивно дифференцированной литосидерохалькофильной геохимической зоны. В ней выделяются две геохимические полосы: Виданская в ее северной части и Ужесельская — в юго-восточной.

Виданская полоса охватывает Виданскую и Нижнешуйскую мульды, которые сложены терригенными отложениями падосской свиты в обрамлении ятулийско-людиковийских карбонатно-углеродистосланцево-базальтово-пикритовых толщ. Все породы интенсивно гидротермально изменены. Форма полосы подчиняется влиянию северного шва Петрозаводской системы разломов и северо-восточного разлома в ее центре, ограничивающего распространение зон высоких уровней накопления элементов на север.

На сложном и насыщенном геохимическом фоне ведущее место занимает ассоциация халькофильных элементов (рис. 3), в первую очередь медь. Ее значительные по размерам ореолы располагаются среди песчаников падосской свиты. В Виданской мульде к такому ореолу приурочено рудопроявление меди Руданское. В западной части полосы расположен обширный ореол свинца с точечной аномалией в южной части до 0,5%. В ассоциации со свинцом появляются нередко цинк, молибден, серебро. На распределение элементов халькофильной ассоциации значительно влияют березитовые изменения. Так, в южной части Виданской полосы в зоне березитов располагаются ореолы молибдена, серебра и свинца. В обрамлении зоны содержания этих элементов фоновые [3].

В центральной части Виданской полосы распространены ореолы урана, тория, лития и др. (рис. 4). Среди благороднометаллической группы наиболее многочисленны ореолы палладия. В некото-

рых из них его содержания превышают фоновые в 5–10 раз. Протяженный ореол этого элемента в западной части площади приурочен к углеродистым сланцам людиковия (0,01–0,045 г/т). В одной аномалии палладия отмечается точечное проявление золота с содержанием 0,5 г/т.

Содержания элементов сидерофильной группы отличаются в целом низкими значениями и слабой степенью дифференциации. Лишь в узкой приразломной зоне в северной части Сулажгорского выступа в туфопесчаниках суйсария двумя скважинами вскрыты интервалы суммарной мощностью до 30 м, в которых содержания хрома составляют от 0,1 до 0,3, а никеля от 0,1 до 0,2%.

В целом Виданская полоса специализирована на Cu, Pb, Ag, U, Li, Pd и отнесена к интенсивно дифференцированной литохалькофильной.

Ужесельская полоса располагается в пределах Ужесельско-Сайнаволоцкого поднятия и включает часть Сайнаволоцкой зоны складчато-разрывных дислокаций (СРД). Особенность ее геологического строения заключается в сочетании на ограниченном пространстве различных тектонических структур (антиклинальных и синклинальных складок, зон СРД, вулкано-тектонических построек, глубинных разломов), в строении которых участвуют комплексы пород практически всех стратиграфических уровней Прионежской впадины, специализированных на различные группы элементов. Породы интенсивно гидротермально изменены — березитизированы, хлоритизированы, пропилитизированы и т. п. На значительной площади проявлена эпигенетическая битуминизация песчаников падосской и петрозаводской свит.

Метасоматические преобразования привели к перераспределению первичных содержаний элементов и формированию сложной по составу геохимической зональности, появлению высокоуровневых моно- и полиэлементных аномалий и рудных концентраций. Как и в Руданской полосе, по степени дифференцированности и уровню накопления преобладает халькофильная группа элементов (рис. 3). Однако ведущим является цинк. Его аномальные ореолы фиксируются в различных породах — песчаниках, доломитах, долеритах. Многочисленные локальные концентрации от 0,1 до 0,5%. Относительно высокие концентрации (от 0,1 до 0,3%) характерны для свинца. Медь и молибден по размерам аномалий и уровню накопления уступают остальным элементам халькофильной группы.

Ужесельская полоса специализирована на элементы литофильной группы и в первую очередь на уран (рис. 4). Его ореолы занимают почти половину полосы. В центральной ее части накопление урана достигает уровня мелкого месторождения Птицефабрики. Оруденение контролируется крутопадающей трещинной зоной северо-западного простирания в песчаниках петрозаводской свиты, насыщенных твердыми битумами типа керитов. Вся рудная масса сосредоточена в окисленном керите — оксикерите и других окисленных формах углеродсодержащего вещества. Рудная масса подсчитана в контуре 0,05%. Прогнозные ресурсы кат. Р₁ оценены в 1400 т металла. Руды урана сопровождаются повышенными содержаниями Pb, Mo, Ag, Cu, редких земель. Из-за низких содержаний урана в рудах, рассредоточенных рудных тел и небольших размеров месторождение отнесено к категории непромышленных.

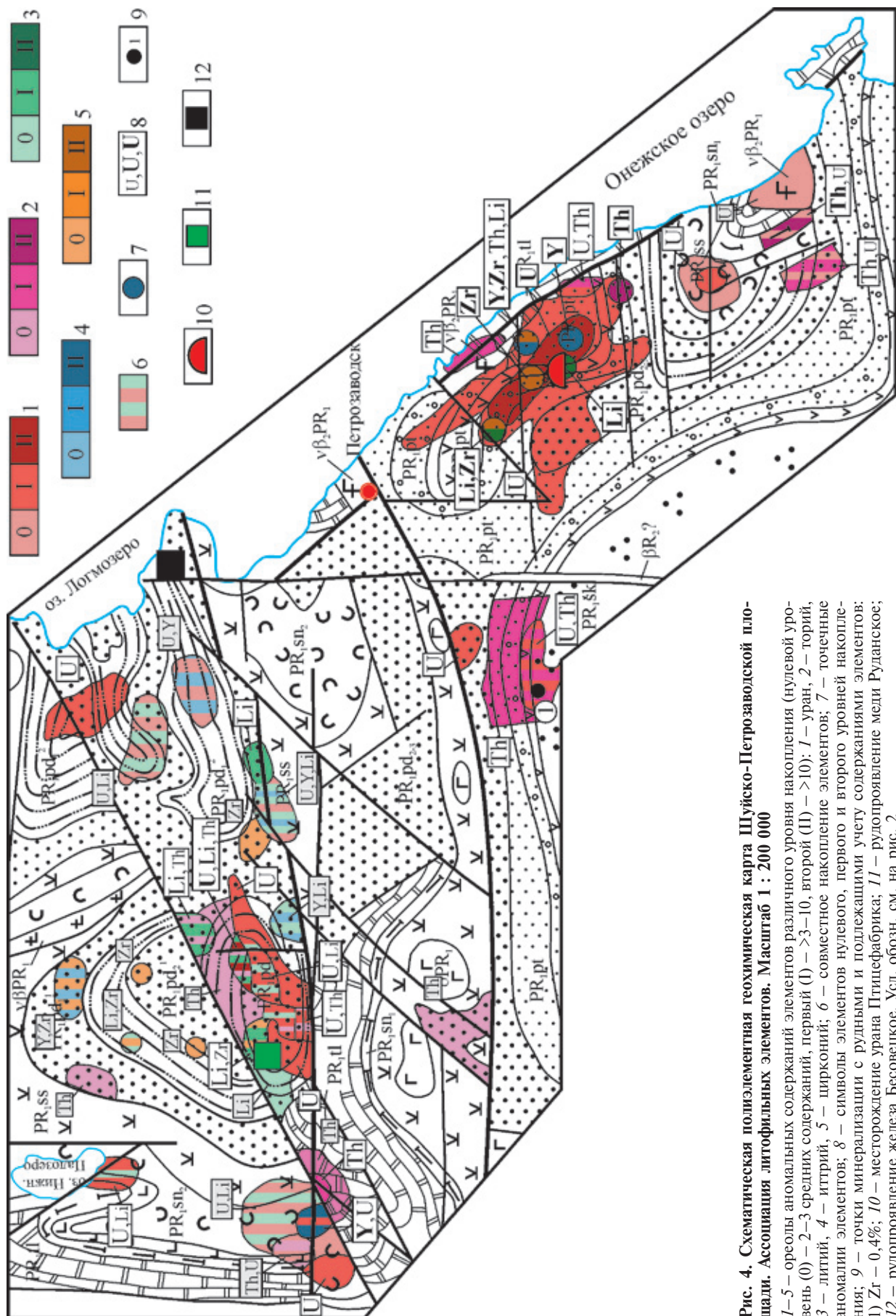


Рис. 4. Схематическая полиэлементная геохимическая карта Шуйско-Петрозаводской площади. Ассоциация литофильных элементов. Масштаб 1 : 200 000

1–5 – ореолы аномальных содержаний элементов различного уровня накопления (нулевой уровень (0) – 2–3 средних содержаний, первый (1) – >3–10, второй (II) – >10); 1 – уран, 2 – торий, 3 – литий, 4 – иттрий, 5 – цирконий; 6 – совместное накопление элементов; 7 – точечные аномалии элементов; 8 – символы элементов нулевого, первого и второго уровней накопления; 9 – точки минерализации с рудными и подстилающими учета содержаниями элементов; 1) Zr – 0,4%; 10 – месторождение урана Птицефабрика; 11 – рудопроявление меди Руданское; 12 – рудопроявление железа Бесовецкое. Усл. обозн. см. на рис. 2

С ураном ассоциирует торий. Из других литофильных элементов высоких локальных уровней концентрации достигают цирконий, литий, иттрий. В битуминизированных песчаниках выявлены аномалии с содержанием иттрия 0,03 и циркония 0,4%.

Большие по размерам аномалии с превышением фоновых содержаний более чем в 10 раз характерны для никеля и хрома, иногда с ванадием и кобальтом, что отличает Ужесельгскую полосу от Виданской. Среди элементов благороднометалльной группы здесь выделяется платина.

Таким образом, самыми значительными аномалообразующими свойствами в Ужесельгской геохимической полосе обладают уран, торий, цинк, иттрий, серебро, свинец, хром, никель. По геохимическому профилю она относится к сидерохальколитофильной.

В пределах Шуйско-Петрозаводской площади установлено рудопроявление меди Руданское. Оно располагается в центральной части Виданской мульды. Рудовмещающими являются туфопесчаники средней подсвиты падосской свиты, представляющие собой флишоидную часть ее разреза. В составе подсвиты преобладают мелкозернистые разновидности углеродсодержащих пестроцветных песчаников. Рудопроявление относится к рудной формации медистых песчаников. Линзы и горизонты медистых песчаников установлены при прогнозно-поисковых работах, проводимых ГП «Невскгеология» в 1986–1988 гг. В отдельных разрезах на рудопроявлении устанавливается до четырех горизонтов и линз с содержанием меди в них, превышающим 0,01% (рис. 5). Вскрыты два рудных тела мощностью до 5,6 м с концентрациями от 0,4 до 2,2%. Среднее содержание оценено на рудопроявлении в 1,3% на мощность 3,5 м. Рудная минерализация представлена халькозином и борнитом. В рудных интервалах установлены содержания урана до 0,05% и серебра до 20, золота до 0,1 г/т.

При оценке рудопроявления были определены прогнозные ресурсы меди: на площади 7 км² ресурсы по кат. Р₂ 170 тыс. т, на площади 120 км² (территории распространения медистых песчаников) ресурсы кат. Р₃ 2730 тыс. т.

Руданское рудопроявление имеет многие черты сходства с рудными объектами в медистых песчаниках удоканского типа, точнее подтипа, с объектами в терригенных осадках с флишоидным характером разреза, для которых характерно площадное распространение оруденения с низкими концентрациями полезного компонента [2]. Их сближает возраст вмещающих пород; приуроченность к протоорогенным структурам; сходный состав рудовмещающих отложений; разноразное положение медного оруденения в продуктивной толще; состав метасоматических новообразований (карбонат, кварц, хлорит, пирит); состав руд (халькозин, борнит); слабая геохимическая дифференциация меди в рудовмещающей толще; неотчетливо выраженная корреляционная связь меди с другими элементами (кроме серебра). По заключению специалистов ГП «Невскгеология» и ВСЕГЕИ, Виданская мульда отнесена к перспективной на медь, недоизученной как по латерали, так и на глубину. К площадям с неясными перспективами, где также установлены прослои медистых песчаников, относится Нижне-шуйская мульда.

Входящее в Шуйско-Петрозаводскую площадь Петрозаводское поднятие практически полностью

перекрыто четвертичными отложениями. Представления о его геологическом строении основано на редкой сети картировочных скважин и геофизических данных. Информация о проявленности гидротермально-метасоматических изменений пород и геохимической характеристике ограничена. В пределах поднятия установлены локальные структуры, сложенные породами людикийского фундамента Прионежской впадины (Вилгинская и Сулажгорская антиклинальные структуры), которые обрамляются отложениями падосской свиты. Грави- и магнитометрические поля Петрозаводского поднятия отличаются сложным дифференцированным рисунком с многочисленными аномалиями, градиентами – свидетельствами сложного его геологического строения, что характерно для многих рудоносных территорий.

Проведенный металлогенический анализ позволил выделить в Шуйско-Петрозаводской площади обстановки (металлотекты), проявленные на многих территориях с рудными месторождениями различного состава и формационной принадлежности:

- участки со сложным геологическим строением, в которых сочетаются различные тектонические элементы и структурно-формационные комплексы пород;

- межблоковые и внутриблоковые разломы и сопряженные с ними зоны дробления, катаклаза, расланцевания, обеспечивающие пути миграции рудоносных растворов;

- специализированные геологические образования на уран, ванадий – туфопесчаники, алевролиты падосской свиты, хром, никель – вулканиты суйсарской свиты, уран, ванадий – углеродсланцевые отложения суйсарской свиты, на литофильные элементы (Be, Zr, U, Li и др.) – разновозрастные вулканические породы основного состава;

- углеродсодержащие отложения, выполняющие флюидогенерирующую роль;

- потенциально рудоносные и рудовмещающие гидротермально-метасоматические изменения (карбонат-альбит-флогопитовые в зонах СРД, зоны березитов в осадочных толщах, зоны эпидотизации в вулканитах суйсарской свиты, эпигенетическая битуминизация);

- в геохимической зональности интенсивно дифференцированное распределение элементов, сочетающее ореолы с высоким уровнем накопления того или иного элемента и участки с низким содержанием, т. е. фиксирующие зоны привноса и выноса, что характерно на Шуйско-Петрозаводской площади для урана, полиметаллов, молибдена, лития, меди, олова, серебра и др.;

- физические свойства среды: аномалии силы тяжести, магнитной восприимчивости, повышенной или пониженной электропроводности, градиентные зоны изменения свойств.

Наряду с перечисленными благоприятными для рудообразования обстановками, установленными в Шуйско-Петрозаводской площади, отмечаются прямые признаки концентрирования отдельных элементов, вплоть до рудных содержаний. Многочисленные аномалии с высоким уровнем накопления Pb, Ag, Cu, Mo, U, Zr и др. Уран и медь образуют рудные объекты в ранге мелкого месторождения и рудопроявления. В единичных пробах установлены рудные содержания свинца, цинка, серебра, лития, циркония. При проведении геологосъемочных и геолого-поисковых работ в донных осадках

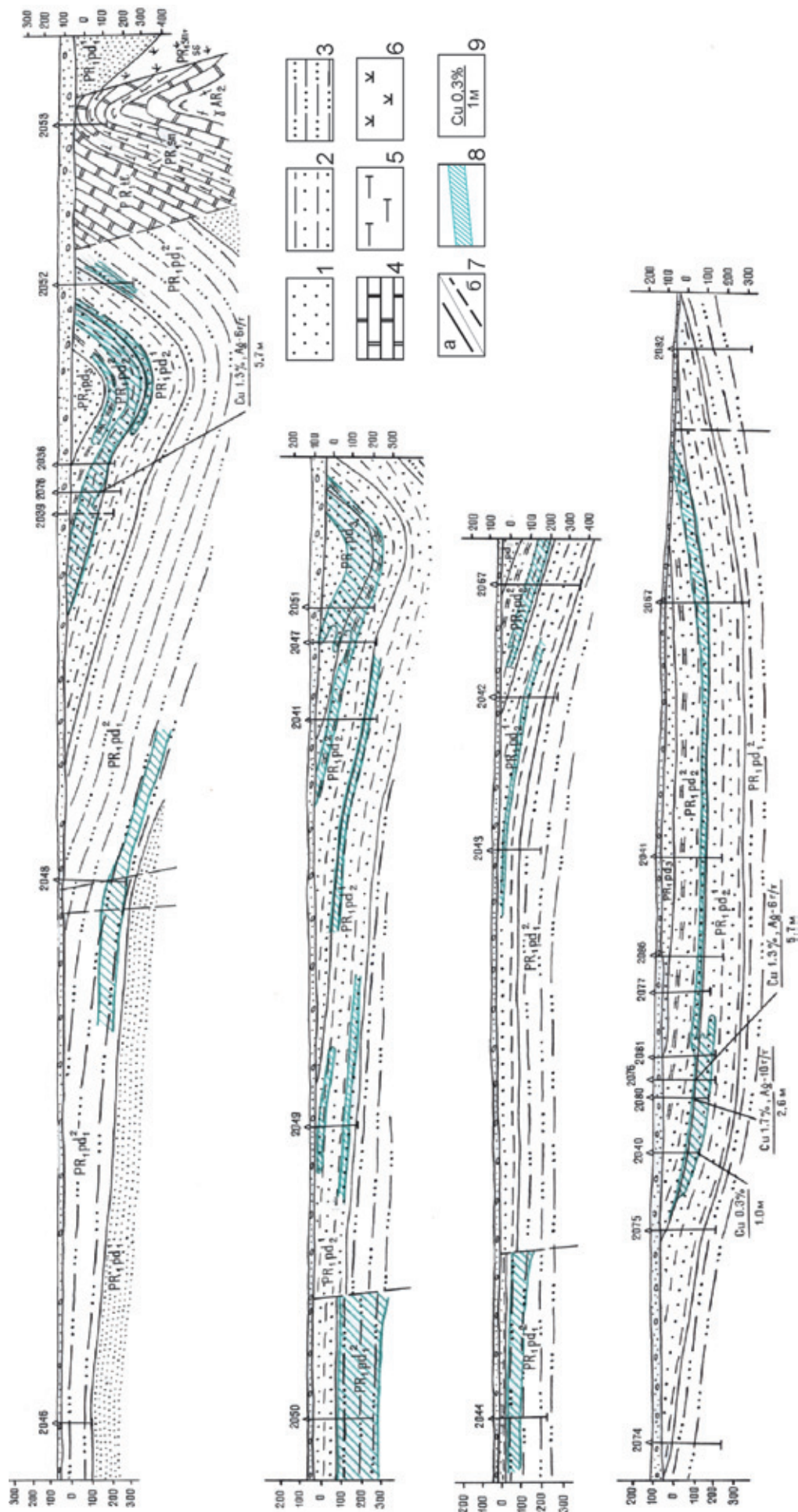


Рис. 5. Геолого-геохимические разрезы Руданского участка (по данным ГП «Невскеология»). Масштаб 1 : 100 000.

1–6 – геологические образования: 1 – полевошпат-кварцевые и полимиктовые песчаники, алевролиты, пелиты паласской свиты (PR_{1,pd_1}), 2 – аркозовые и полевошпат-кварцевые песчаники, алевропесчаники, алевролиты, алевролиты с прослоями серицит-кремнистых сланцев (PR_{1,pd_2}), 3 – мелкозернистые песчаники, алевролиты, аргиллиты известковых углеродосодержащие (PR_{1,pd_3}), 4 – доломиты, известняки, известковистые песчаники туломозерской свиты (PR_{1,pd_4}), 5 – глинистые сланцы, мергели, карбонатно-глинистые алевролиты заонежской свиты (PR_{1,pd_5}), 6 – базальты, их туфы, пикриты, прослои лиддитов суйсарской свиты (PR_{1,pd_6}); 7 – разрывные нарушения, глубинные (a) и высоких порядков (b); 8 – горизонты аномальных концентраций меди и серебра; 9 – аномальные концентрации металлов (в числителе – содержание, в знаменателе – интервал, в метрах)

и рыхлых отложениях выявлены аномальные концентрации молибдена, свинца, урана и цинка.

Проявленность геологических, эпигенетических, геохимических, геофизических благоприятных обстановок и поисковых признаков дает основание отнести ее к перспективным территориям, требующим доизучения ее рудоносности. Площадь перспективна прежде всего на выявление месторождений меди в медистых песчаниках Виданской и Нижнешуйской мульды. Возможно также обнаружение промышленных концентраций палладия, уран-благороднометалльно-ванадиевого оруденения в углеродистых сланцах людиковия в западной части площади, рудных концентраций иттрия, циркония нетрадиционного типа.

1. Афанасьев Г.В., Иванова Т.Н., Оношко И.С. Древнее эпигенетическое уран-битумное оруденение в нижнепротерозойских отложениях Прионежской впадины (Балтийский щит) // КНТС. 1994. № 138. — С. 88–95.

2. Богданов Ю.А., Феоктистов В.П. Формационные типы месторождений медистых песчаников Северного Забайкалья // Геология месторождений полезных ископаемых. — Л.: Наука, 1981. — С. 147–154.

3. Михайлов В.А. и др. Перспективы комплексной рудоносности Прионежской впадины (Республика Карелия) // Регион. геология и металлогения. 2012. № 49. — С. 84–91.

Михайлов Виталий Алексеевич — ст. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ.

Лодыгин Александр Николаевич — вед. геолог, ВСЕГЕИ. <aleksandr_lodygin@vsegei.ru>.

Кушнеренко Владимир Константинович — канд. геол.-минер. наук, гл. геолог, РГЭЦ ФГУП «Урангеологоразведка». <kushnerenko.v@mail.ru>.