

Количественная геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов категории P_1 и P_2

Д.А.КУЛИКОВ, Н.Г.ПЕТРАШ, А.А.ЧЕРЕМИСИН, А.Е.АЛЕКСАНДРОВА (Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ); 117545, г.Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1)

Показана методология количественной геолого-экономической оценки прогнозных ресурсов, разработанная на примере составления инвестиционных проектов освоения 55 золоторудных объектов и других твердых полезных ископаемых. Отражены основные этапы, принципы и необходимый уровень детальности оценки с целью повышения объективности выводов о перспективности рудопроявлений для дальнейшего геологического изучения. Представлены основные экономические результаты оценки рассмотренных объектов разных типов полезных ископаемых и взаимосвязи геологических и экономических параметров на примере золоторудных рудопроявлений. *Ключевые слова:* твердые полезные ископаемые, прогнозные ресурсы, геологическое моделирование, способы геолого-экономической оценки, геологические и экономические параметры.

Куликов Даниил Алексеевич, soteo@yandex.ru

Петраш Нина Григорьевна

Черемисин Алексей Аркадьевич

Александрова Александра Евгеньевна

Quantitative geological and economic estimation of expected resources

D.A.KULIKOV, N.G.PETRASH, A.A.CHEREMISIN, A.E.ALEKSANDROVA

It is reflected methodologies of a quantitative geological and economic evaluation of expected resources, developed on the example of drawing up investment projects of development of 55 gold objects and other solid minerals. The main stages, the principles and necessary level of detail of an evaluation for the purpose of increase of objectivity of conclusions about prospects of expected resources for further geological studying are reflected. The main economic results of an assessment of the considered objects of different types of minerals and interrelation of geological and economic parameters on the example of gold expected resources are presented.

Key words: solid minerals, expected resources, geological modeling, ways of a geological and economic estimation, geological and economic parameters.

Прежде чем перейти к изложению предлагаемой методики остановимся на существующих руководствах по геолого-экономической оценке прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2 и практических подходах, используемых при выполнении укрупненной ГЭО.

Действующее в настоящее время положение о стадийности ГРП (Распоряжение МПР РФ от 5 июля 1999 г. N 83-р) и разрабатываемый проект «новой» стадийности предписывают по завершению поисковых ГРП (этап 2, стадия 2) проведение геолого-экономической оценки (ГЭО) на выявленных объектах по укрупненным показателям с разработкой рекомендаций о целесообразности и очередности дальнейшего проведения работ. Выявленные и положительно оцененные проявления включаются в фонд объектов, подготовленных для постановки оценочных работ и выдачи соответствующих лицензий.

Прогнозные ресурсы (ПР) полезных ископаемых рассматриваются не только как просто геологические объекты, они передаются в недропользование на основе разовых платежей, размер которых зависит от количества и

качества выявленных ресурсов. По ним на государственном уровне создаются представления о потенциале МСБ страны и перспективах ее воспроизводства. До последнего времени государство выполняло финансирование большинства геологоразведочных работ прогнозно-поисковой и поисково-оценочной стадий из средств федерального бюджета, возлагая на себя ответственность за качество основного продукта этих работ – прогнозных ресурсов.

Само геологическое освоение новых территорий требует относительно больших капитальных вложений при высоком уровне поискового геологического риска, а вероятность реализации даже локализованных перспективных геологических прогнозов до промышленных запасов низка. Указанные обстоятельства находятся в зависимости от того каким образом оцениваются ПР.

В настоящее время официально согласованная методика оценки прогнозных ресурсов представлена «Методическим руководством по оценке прогнозных ресурсов...» 1986 г. [13]. Однако этот документ с учетом

текущих правовых и экономических условий устарел и требует пересмотра. В основном это касается выбора кондиционных параметров для оценки ПР и производственно-экономического блока расчетов.

В связи с отсутствием четко регламентированной методологии при выполнении ГЭО ПР на одних и тех же объектах при одинаковых исходных данных разные специалисты (организации) могут применять различные «укрупненные» подходы и получать противоречивые результаты – от отрицательных до положительных (с точки зрения дальнейшего инвестиционного интереса).

В 2012–2014 гг. ЦНИГРИ совместно с ВИМС и ЦНИИгеолнеруд выполнена ГЭО 55 потенциально перспективных золоторудных объектов и других твердых полезных ископаемых (прогнозные ресурсы категорий P_1 и P_2) в форме разработки инвестиционных проектов геологического изучения и освоения в целях лицензирования и воспроизводства МСБ. Указанная работа проводилась в детальном формате, приближенном к оценке месторождений. Рассматривались объекты, на которых поисковые стадии геологоразведочных работ были завершены, оценены и апробированы прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_1 и в геологических отчетах о результатах поисков была дана укрупненная экономическая оценка ресурсов. Это позволило провести сравнение с оценкой, выполненной в инвестиционных проектах, которое показало, что при выполнении укрупненной ГЭО часто используются подходы, снижающие достоверность результатов, такие как:

- привлечение объектов-аналогов через удельные показатели, корректирующие коэффициенты при субъективном подходе к выбору самих аналогов и определению коэффициентов;

- расчеты либо на всем потенциале ресурсов, либо с применением коэффициента кратного 0,5, который в индивидуальных случаях не обосновывается; как правило, отсутствие повариантной (по вариантам оценочных параметров) оценки количества и качества полезного ископаемого;

- отсутствие «прямого» проектирования горных работ – так, вероятный промышленный контур, показатели потерь и разубоживания, возможная производительность принимаются по аналогии, а не рассчитываются исходя из имеющихся фактических данных, как следствие этого, определение инвестиций в строительство и эксплуатацию объекта может быть искажено;

- при определении объемов инвестиций не учитываются затраты: на ГРП (доизучение объекта), оборотный капитал, стоимость строительства, доставку, монтаж оборудования, внешнюю инфраструктуру и др.;

- не проводится полный учет налоговой нагрузки в производственных издержках;

- завышаются цены на товарную продукцию и объемы ее реализации в связи с недостаточным исследованием рынка или полным его отсутствием;

- проведение оценки целиком на объект или на расчет-

ный год, не учитывая динамику работ (без составления календаря отработки), что, как правило, завышает экономические показатели освоения.

Указанные недостатки ГЭО в соответствии со сложившимися представлениями исполнителей об «укрупненном» характере производственно-экономических расчетов часто встречаются в составе геологических отчетов о результатах поисковых ГРП. Это вносит значительную долю субъективности в оценку объекта и существенно искажает возможную реализацию проекта, как правило, завышая эффективность освоения.

Форма и детальность ГЭО ПР должны исходить из понятия (смысла) прогнозных ресурсов. По определению металлогенического словаря [16] прогнозными ресурсами называется «...количество минерального сырья промышленных кондиций в месторождениях, наличие которых в пределах оцениваемого объема или площади земной коры предполагается...». Ранее, в упомянутых выше методических руководствах по оценке ПР ТПИ указывалось, что «Ресурсы прогнозные... – это предполагаемые запасы...». Отсюда следует, что ПР должны быть в определенной мере эквивалентны запасам, более того – балансовым запасам, естественно, с учетом размеров площади, требующей опосредования, и ожидаемой продуктивности металлогенического таксона, т.е. с учетом категории ресурсов.

Подходы и возможность экономической оценки ПР напрямую зависят от конкретных категорий ПР, поскольку они имеют резкие различия относительно объекта оценки.

Опыт разработки инвестиционных проектов на объектах ПР категорий P_1 и P_2 показал, что количественная ГЭО в детальном формате на основе прямых расчетов может быть выполнена только на ПР категории P_1 (хотя они не всегда охватывают весь потенциал возможного месторождения). В отличие от ПР категорий P_2 и P_3 , которые «работают» с другими металлогеническими таксонами и где нет и не может быть возможности геометризации собственно промышленного оруденения, категория прогнозных ресурсов P_1 по объекту оценки и методике подсчета «родственна» категории запасов C_2 (и даже C_1). Эти категории ориентированы на оценку элементов месторождения (рудных тел). Они подсчитываются прямыми методами, при которых допускается использование коэффициента рудоносности, учитывается геометрия сети выработок.

Количественная ГЭО ПР категории P_2 может быть выполнена, но только при наличии участка детализации, который характеризует рудные тела, а не рудное поле, и категория прогнозных ресурсов на нем формально выше, чем P_2 . Если же такой участок выделить нельзя, то ГЭО ПР категории P_2 по сути будет подобна укрупненной оценке ПР категории P_3 , выполненной на основе предположений по аналогам, а не на основе вычислений.

Поскольку оцененные количество и качество ПР ка-

тегории P_2 по существу концептуальны, то результаты количественной ГЭО следует рассматривать как уточнение оценочных параметров, на которые следует ориентироваться при дальнейшем изучении объекта, а не как инструмент разбровки участков недр.

Данная работа по инвестиционным проектам выполнялась на основании представлений об их назначении и структуре, сложившихся в горно-геологической отрасли. Для разработки проектов на объектах ПР использовался подход, подобный разработке ТЭО временных разведочных кондиций (в данном случае «укрупненного ТЭО»). Этот подход предполагает вычисление (расчет) производственно-технологической и экономической части проекта с использованием известных методик, что требует, построения модели трехмерно оконтуренных запасов. Наличие конкретного подсчетного контура исключает необходимость привлечения аналогов и позволяет в определенной степени обоснованно рассчитать основополагающие параметры – промышленный контур отработки, показатели потерь и разубоживания, производительность ГОКа. Естественно, учитывая изученность рассматриваемых объектов (ПР категорий P_1 и P_2), использование месторождений-аналогов необходимо в качестве проверки выполненных расчетов, для решения частных вопросов ГЭО, где отсутствует прямая исходная информация: по технологическим свойствам, горно-геологическим и гидрогеологическим условиям и др., а также для укрупненного определения затрат на добычу и переработку с учетом рассчитанной производительности и принятой технологической схемы переработки руды.

При указанном подходе количественную ГЭО возможно провести только на геологических объектах определенного ранга – на конкретных рудных телах или залежах (совокупностях сближенных рудных тел), которые могут рассматриваться как запасы, т.е. обеспечить возможность проектирования единичных добычных участков отработки.

Разработка инвестиционных проектов включала выполнение этапов, представленных ниже.

Геологическое моделирование. На рассматриваемых объектах запасы реально не могут быть подсчитаны, но могут быть смоделированы. Для этого требуется выделить участок недр, на котором ПР формально возможно квалифицировать по категории P_1 (там где появились представления о таксонах ранга рудных тел – о качестве, мощности, условиях залегания, морфологии, промышленном типе и др.) и выполнить их оценку с применением методов статистического подсчета запасов. Формально они остаются прогнозными ресурсами (по параметрам сети выработок, достоверности опробования, аналитических методов, достоверности геологической основы и др. причинам), но по методике подсчета могут рассматриваться как «условные запасы».

В сложившейся практике объемы ПР для экономической оценки используются либо полностью, либо со-

кращаются через коэффициенты. Так, часто применяется коэффициент 0,5 к ресурсам P_1 , 0,25 к ресурсам P_2 . Такие коэффициенты можно привлекать для индивидуальных видов полезных ископаемых, если изменчивость их характеристик низка (коэффициенты вариации по мощности тел полезных ископаемых и по качеству сырья составляют не более первых десятков процентов), сами сокращающие коэффициенты обоснованы фактическими данными по уже известным месторождениям. Во многих случаях это относится к нерудным полезным ископаемым. Для рудных объектов изменчивость параметров оруденения на порядок или полпорядка больше, в связи с чем единообразное использование «сокращающих» коэффициентов может приводить к существенным искажениям или к диаметрально противоположным результатам оценки перспективности объекта. Тем не менее, их применение зачастую необходимо в случае наиболее слабой изученности (ресурсы категории P_2). При этом конкретные значения коэффициентов целесообразно обосновывать индивидуально для каждого объекта с учетом максимального использования имеющихся фактических данных.

Задача выделения «условных запасов» как объектов отработки («эталонного участка (участков)»), состоит в том, чтобы минимизировать неопределенность и максимально сократить субъективные факторы геологической интерпретации, повысить достоверность выделяемого объекта отработки, приблизить к 1,0 вероятность реализации подсчитанных «условных запасов» в будущие запасы.

На начальном этапе моделирования «условных запасов» выполняется статистический анализ структуры оруденения на базе, как правило, уже имеющихся (учитывая рассматриваемые стадии ГРП) десятков, сотен (даже первых тысяч) рядовых проб и десятков рудных пересечений. В процессе анализа эти данные обрабатываются с применением нескольких вариантов оценочных (кондиционных) параметров (разных бортовых содержаний полезного компонента, минимальных мощностей рудных тел, максимальных мощностей внутрирудных некондиционных прослоев, минимальных метрограммов/метропроцентов и др.). Результаты анализа на основе многократного выделения рудных интервалов показывают конкретные среднестатистические числовые характеристики (средние содержания, мощности рудных тел) как собственно оруденения, так и межвариантных прирезок, изменение и распределение параметров по классам мощности/содержания в зависимости от применяемых оценочных лимитов (кондиций). Анализ позволяет понять морфологические особенности оруденения, уровни качества полезного ископаемого, уровни рудонасыщенности. На основании этого, с учетом предполагаемых экономически оптимальных условий, обосновываются варианты кондиционных параметров, по которым выделяются рудные интервалы для дальнейшего подсчета прогнозных

ресурсов на эталонном участке (участках) отработки.

В рамках разработки инвестиционных проектов подсчет ресурсов выполнялся при использовании 2–4 вариантов кондиционных параметров, что повышает достоверность результатов.

При геологическом моделировании рудных объектов выделение конкретных рудных тел не проводится (даже на типично жильных объектах), т.к. в связи с достигнутой степенью изученности (ПР категорий P_1 и P_2) и на более детальных стадиях (запасы категории C_2) их увязка, как правило, обоснована недостаточно. Оконтуриваются рудные зоны или рудные залежи, т.е. объекты, предположительно охватывающие совокупности пространственно сближенных субпараллельных и (или) последовательно расположенных рудных тел.

В результате геологического моделирования достигается получение трехмерно геометризованного подсчетного контура «условных запасов» на наиболее изученном участке рассматриваемого объекта, на основании которых можно осуществлять проектирование горных работ прямым счетом.

Наибольшее количество ГЭО проведено по золоторудным объектам. Результаты показывают, что количество подсчитанных «условных запасов» по сравнению с апробированными прогнозными ресурсами изменяется индивидуально и неоднозначно по причине применения как более детальной методики подсчета, так и изменения оценочных (кондиционных) параметров. Как правило, происходит уменьшение (для 74% оцененных объектов) количества и качества ресурсов (отн. %): по руде от -1 до -81, в среднем -42; по металлу от -5 до -82, в среднем -49; по содержанию Au от +27 до -61, в среднем -7.

В других случаях (26% объектов) происходит увеличение массы руды, что не всегда приводит к увеличению массы металла, но практически всегда – к снижению содержания металла (отн. %): по руде от 0 до +220, в среднем +67; по металлу от -75 до +183, в среднем +21; по содержанию Au от -65 до 0, в среднем -30.

Таким образом, «условные запасы», используемые как объект детального проектирования горного производства, могут изменяться (чаще уменьшаться) по сравнению с апробированным суммарным потенциалом прогнозных ресурсов объекта.

На большинстве объектов изложенный подход позволяет предварительно локализовать участки недр по однородности изучения, рудонасыщенности, более детально оценить прогнозные ресурсы всего объекта и учесть это при проектировании дальнейших ГРР.

Отметим, что полученные в ходе детализированной ГЭО результаты будут более достоверны для объектов менее сложных по геологическому строению.

Если рассматриваются объекты с объемным типом оруденения (тип минерализованных зон или штокверков) с ожидаемыми при доразведке 1-ой или 2-ой группами сложности и невысокими показателями измен-

чивости качества оруденения, мощности рудных тел и неконтрастными рудами с относительно низкими средними содержаниями полезного компонента, то вероятность реализации полученных результатов ГЭО таких объектов будет естественно выше, чем объектов, которые могут относиться к 3-ей или 4-ой группам сложности (с жильным или гнездовым типами оруденения).

Проектирование дальнейших ГРР. На основании составленной геологической модели осуществлялось проектирование ГРР следующей стадии. С учетом достигнутой изученности и созданной сети геологических наблюдений обосновывались: методика, объемы, сроки выполнения и стоимость основных видов будущих ГРР. Это позволяло укрупненно оценить затраты на ГРР до момента промышленного освоения объекта и учесть их в составе инвестиционных вложений при экономической оценке.

Проектирование горных работ. На основании вариантного геологического моделирования «условных запасов» обосновывался основной способ и системы отработки, осуществлялось проектирование горных работ по вариантам геологической модели посредством вычислений в соответствии с действующими нормами технологического проектирования.

С учетом извлекаемой ценности руды, предполагаемой стоимости добычи и переработки определялся экономически целесообразный контур отработки. При проектировании открытых горных работ активно использовались современные геоинформационные программные средства (в частности, Майкромайн), позволяющие осуществлять оптимизацию контура открытых работ на основании упрощенной блочной модели.

На основании фактических данных по содержанию полезных компонентов в руде и в разубоживающей массе, сведений о средней мощности рудных интервалов, предполагаемой форме и условиях залегания оруденения определялись показатели потерь и разубоживания, рассчитывались эксплуатационные запасы руды и объемы вскрыши.

Через упрощенную блочную модель «условных запасов» вычислялась возможная площадь оруденения в горизонтальном сечении и рассчитывалась предполагаемая годовая производительность рудника с составлением календарного графика отработки рассматриваемого объекта.

По некоторым видам нерудных полезных ископаемых годовая производительность проектируемого предприятия обосновывалась текущей потребностью сырья на действующих перерабатывающих производствах – т.е. реальной конъюнктурой на рынке сбыта.

Определялись перечень и количество горнотранспортного оборудования, необходимого для выполнения производственной программы, численный состав трудящихся, протяженность технологических и межплощадочных автодорог, ЛЭП, других инженерных коммуникаций и пр.

Посредством контура отработки из всех подсчитанных прогнозных ресурсов выделялась только определенная их часть, которая в дальнейшем (как эквивалент балансовых запасов) и определяла экономику объекта. Сравнение показывает, что количество ПР, подсчитанных в контурах отработки (промышленных «условных запасов») и получивших положительную экономическую оценку в среднем на 33–37% меньше, чем ПР, которые рассматривались при проектировании (геологические «условные запасы»), отн. %: по руде от -2 до -73, в среднем -37; по металлу от -2 до -66, в среднем -33; по содержанию Au от -18 до +110, в среднем +11.

Из всех вышеприведенных сравнений видно, что границы изменений начиная от апробированных ПР до промышленных «условных запасов» индивидуальны и широки, что не дает основания к использованию единообразных «сокращающих» коэффициентов кратных 0,5 и обуславливает необходимость индивидуальной оценки каждого объекта.

Следует отметить, что «условные запасы» и тем более, та их часть, которая учтена в контуре отработки (наиболее изученная часть объекта), вероятно, не охватывает всего потенциала будущего месторождения, но дает возможность принципиального и объективного обоснования целесообразности дальнейшего изучения объекта.

Технология переработки. Для составления раздела инвестиционного проекта по технологии переработки и обогащения добытого сырья проводился анализ полученных результатов лабораторных технологических исследований (при наличии таких работ) и обосновывалась рациональная схема обогащения. С учетом содержания полезных компонентов в эксплуатационных запасах обосновывались ожидаемые показатели обогащения. Определялись виды товарной продукции, выход продуктов обогащения, извлечение полезных компонентов в концентраты (промпродукты), их содержание в продуктах обогащения и др. Устанавливались объемы производства, состав и количество обогатительного оборудования, расход материалов и реагентов, воды, электроэнергии на переработку руды, рассчитывалась численность трудящихся обогатительного комплекса и др.

При отсутствии данных лабораторных технологических исследований на руды оцениваемого объекта схема их переработки и показатели обогащения принимались по аналогии – по изученным месторождениям, имеющим аналогичный минеральный и вещественный состав руд.

При оценке объекта на конечную продукцию, получение которой не предусматривалось непосредственно на фабрике ГОКа (например, цветные металлы), рассматривался вопрос о наличии и удаленности металлургических заводов по переработке продукции горно-обогатительного комплекса (концентратов), существующая инфраструктура для транспортировки продукции обогатительной фабрики к перерабатывающим предприятиям и др.

Общественные решения, включающие органи-

зацию производства, структуру будущего предприятия, производственную модель горно-перерабатывающего комплекса, разрабатывались на основании принятых условий добычи и переработки руд. Создавались ориентировочная схема размещения объектов предприятия с учетом его реального положения в рельефе местности, схема транспортировки полезного ископаемого на обогатительный передел. Устанавливались объем и положение отвалов, хвостохранилища, возможных источников водоснабжения. Рассматривались вопросы водоотведения, канализации, ремонтного и гаражного хозяйства, тепло- и электроснабжения и др. Кроме этого, предусматривались экологические мероприятия по предотвращению вредного воздействия производства на окружающую среду.

Экономическая часть проекта начиналась с описания концепции освоения объекта, которая разрабатывалась исходя из объемов производства, принятых технических, технологических и организационных решений. Приводился анализ конъюнктуры мирового и внутреннего рынка металлов (нерудного сырья), затем определялась потребность в оцениваемом сырье и цены на товарную продукцию.

На основе разработанной производственной программы, определившей виды и объемы товарной продукции проектируемого предприятия по годам эксплуатации (т.е. на основе календарного графика ведения работ), рассчитывалась стоимость товарной продукции и извлекаемая ценность 1 т добытой руды.

Проводился расчет инвестиционных затрат на строительство и эксплуатацию оцениваемого объекта: на выполнение горно-капитальных работ; на приобретение, доставку и монтаж горнотранспортного и обогатительного оборудования, а также оборудования цехов вспомогательного и обслуживающего назначения (электро-, тепло-, водоснабжения и др.). Исходя из объемов производства укрупненно рассчитывались затраты на строительство зданий и сооружений (рудник, здания обогатительного комплекса, хвосто- и водохранилищ, котельной, складов, АБК, сети автодорог, соединяющих объекты проектируемого предприятия (технологических и межплощадочных); затраты на строительство внешней инфраструктуры – дорог, ЛЭП и пр.

Стоимость инвестиций в строительство предприятия отображалась в табличной форме, включающей сводные сметные расчеты стоимости строительства промышленного производства, разработку укрупненного графика финансирования строительства по объектам, годам строительства и эксплуатации оцениваемого объекта.

На основе объемов производства, принятого режима работы предприятия определялись эксплуатационные затраты на добычу и переработку руды с учетом вспомогательных служб и хозяйств, общехозяйственных расходов и др. Эксплуатационные затраты на получение товарной продукции в зависимости от степени изученности конкретного объекта рассчитывались либо

с использованием укрупненных данных по аналогии с объектами, находящимися в сходных географо-экономических условиях, либо методом сметы затрат. Стоимость материалов, реагентов, электроэнергии, воды, необходимых для функционирования предприятия, определялись прямым счетом в соответствии с расходными нормами и ценами (тарифами) на них. В себестоимости продукции, кроме прямых затрат, учитывались косвенные затраты – налоги, платежи, отчисления и пр.

На заключительной стадии экономической оценки устанавливалась эффективность инвестиционных вложений в освоение объекта: прибыль предприятия, чистый денежный доход, срок окупаемости инвестиций, затраты на единицу товарной продукции. Показатели эффективности рассматривались на основании моделирования денежных потоков в пределах календаря отработки. Выполнялся расчет интегральных показателей: чистый дисконтированный доход при различных нормах дисконта, внутренняя норма доходности (ВНД), дисконтированный срок окупаемости инвестиций, индекс доходности. Определялась бюджетная эффективность проекта, как объем среднегодовых и за период эксплуатации отчислений, поступающих в федеральные, региональные и местные фонды.

Производилась оценка эффективности проекта с учетом факторов риска способом проверки его устойчивости, то есть определения степени риска (жизнестойкость) проекта при ухудшении стоимостных, затратных и других показателей.

На завершающем этапе формирования инвестиционного проекта выполнялись:

формулировка оценочных параметров, при которых возможно рентабельное освоение объекта на уровне экономических показателей, отраженных в проекте, – кондиционных параметров и количества запасов объекта;

расчет наиболее важных минимально-рентабельных параметров (содержания полезных компонентов, извле-

чения их при переработке, цен на товарную продукцию);

формулировка принципиальных вопросов (особенностей), изучение которых требует специального внимания и которые более других могут влиять на экономику объекта; перспектив увеличения (сокращения) потенциала объекта; оценка вероятности отработки руды с качеством выше минимально-промышленного содержания;

оценка сроков, этапов и объемов инвестирования в период доизучения объекта и строительства ГОКа;

проект лицензионного соглашения и расчет стартового платежа исходя из оценки апробированных ПР.

Экономические параметры проектов освоения выбранных 55 объектов по результатам количественной ГЭО. По коренным проявлениям благородных металлов из 26 только одно является крупным (немногим более 100 т золота), 12 средних (в среднем 36 т золота) и 13 мелких (в среднем 17 т золота). Содержание Au в рудах по апробированным прогнозным ресурсам колеблется от 2,11 до 11,89 г/т, составляя в среднем 4,16 г/т.

Отработка большей части объектов благородных металлов (89%) целесообразна открытым способом. Глубина открытой отработки приблизительно колеблется от 100 до 400 м, составляя в среднем 240 м. На трех объектах предусмотрен подземный способ отработки: на двух – штольневой, на одном – шахтный. В контуры отработки от количества ресурсов, переданных на проектирование, вовлекается 63% по руде и 67% по металлу. Производительность проектируемых предприятий по рассматриваемым объектам колеблется от 85 до 1700 тыс. т руды в год (в среднем 540 тыс. т/год). Качество руды в контуре отработки составляет: для открытой отработки от 2,12 до 11,14 г/т, среднее 3,81 г/т, для подземной штольневой отработки – 11,08–12,2 г/т.

Для обогащения золотоносных руд предусмотрены традиционные способы переработки на ЗИФ, включающие процессы гравитации, флотации и цианирования или их комбинацию, а также способы кучного выщелачивания.

1. Экономические показатели освоения золоторудных объектов

Показатели	Диапазон	Среднее значение
Инвестиции, всего	от 1432 до 14 100 млн. руб.	5700 млн. руб.
Эксплуатационные затраты, годовые	от 543 до 4662 млн. руб.	1736 млн. руб.
Доход предприятия (E=0%) ЧДД (E=10%)	от 643 до 32 768 млн. руб.	6900 млн. руб. 1470 млн. руб.
ВНД:	от 7,1 до 31,5%	14,7%
ИД (E=0) (E=10)	от 1,13 до 3,83 ед.	1,89 ед. 1,16 ед.
Срок обеспеченности	от 8 до 26 лет	13,3 года
Срок окупаемости (E=0) (E=10)	от 5 до 12 лет	7,2 лет 9,7 лет
Бюджетная эффективность, всего годовая	от 1500 до 18 500 млн. руб.	6436 млн. руб. 540 млн. руб.
Численность трудящихся	от 240 до 1506 чел.	600 чел.

чивания. Сквозное извлечение золота, использованное в вариантах экономических расчетов по золоторудным объектам, составило от 74 до 95%.

Основные экономические показатели освоения золоторудных объектов представлены в табл. 1.

Статистический анализ взаимосвязи различных экономических показателей освоения рассматриваемых золоторудных объектов, отработка которых предусматривается открытым способом, показывает следующие зависимости и тенденции.

Между себестоимостью добычи руды и содержанием Au в контуре отработки (рис. 1) существует устойчивая положительная связь – чем выше содержание Au, тем дороже его добывать.

Эта зависимость может быть объяснена другими тенденциями, полученными по результатам выполненных ГЭО: чем выше содержание полезного компонента, тем ниже годовая производительность карьера (рис. 2); чем больше содержание полезного компонента, тем больше коэффициент вскрыши (рис. 3).

Первая тенденция (см. рис. 2), возможно, объясняется геолого-промышленным типом и масштабом различных проявлений золота – чем выше содержание, тем объект морфологически сложнее; оруденение с повышенным содержанием больше соответствует жильному или гнездовому распределению полезного компонента и как следствие возникает невозможность развить большую производительность. Вторая (см. рис. 3), кроме причин, связанных со сложностью геологического строения, отчасти является следствием общепринятой методики проектирования открытой отработки через расчеты граничных коэффициентов вскрыши – чем выше содержание,

тем больший объем вскрыши «навешивается» на руду.

Зависимость между содержаниями Au и себестоимостью переработки руды аналогична представленной на рис. 1, но проявлена менее отчетливо. Тенденции, отраженные на рис. 2 и 3, таким же образом проявляются и при отношении производительности и коэффициента вскрыши к извлекаемой ценности 1 т руды, которая, естественно, напрямую коррелирует с содержанием компонента в руде.

С другой стороны, понятно, что доходность отработки объекта тем выше, чем больше разница между извлекаемой ценностью руды и себестоимостью ее добычи (рис. 4), еще наглядней эта связь проявлена, если рассматривать себестоимость не только добычи, а все эксплуатационные затраты.

Вместе с тем, по результатам выполненной ГЭО выявлена еще одна неотчетливо проявленная связь (рис. 5), которая показывает, что на объектах с повышенным содержанием Au отношение себестоимости добычи к извлекаемой ценности руды больше, что с экономической точки зрения хуже. Данная тенденция, вероятно, также обусловлена сложностью геологического строения рассматриваемых объектов и связанными с этим изменениями качества руды. Это косвенно доказывается зависимостью, которая известна на любых месторождениях (рис. 6).

Приведенные результаты проектирования показывают, что чем сложнее объект по строению, тем более высокое содержание полезного компонента требуется для его рентабельной отработки, но «при прочих равных условиях» экономические показатели и доходность от его освоения будут хуже, чем объектов со сравнительно низким качеством руд, но более простым геологиче-

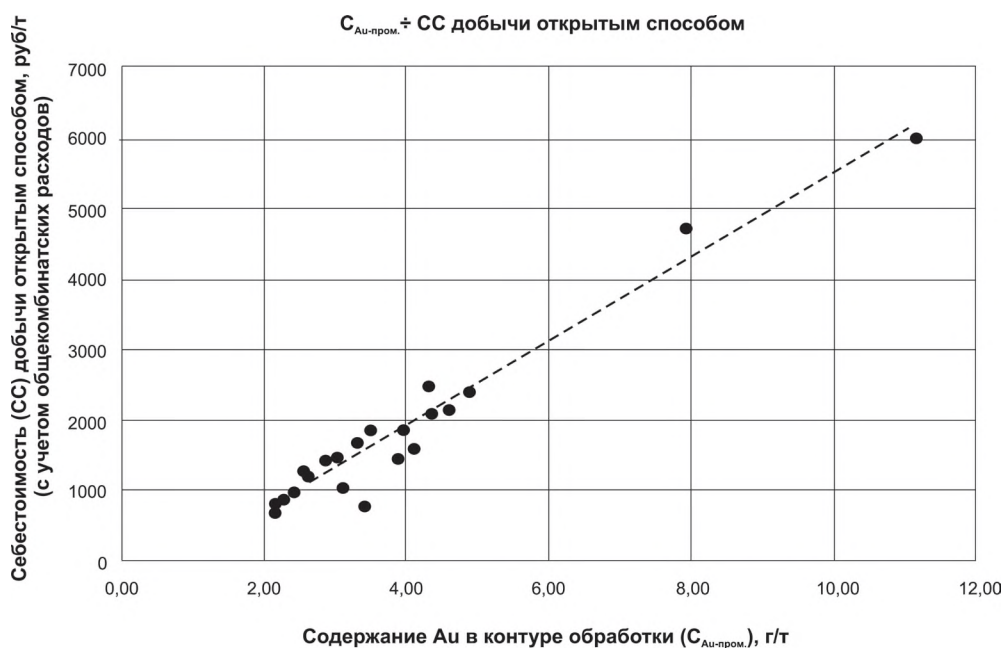


Рис. 1. Корреляционное поле зависимости содержания Au в контуре проектной открытой отработки и себестоимости добычи руды

ским строением.

С учетом того, что данные зависимости проявились на группе золоторудных объектов различных по географо-экономическому положению, масштабам, геолого-промышленным типам можно сказать об общем приоритете поисковых работ – ориентировке на менее богатые, но объемные типы золотого оруденения с простым строением.

Уровень финансово-экономических показателей (инвестиционных и эксплуатационных затрат, доходов, показатели эффективности) по объектам черных, легирующих и редких металлов похож на представленные выше по золоторудным объектам. По объектам нерудных полезных ископаемых (табл. 2) инвестиционные проекты разделились на две группы по уровню производства. Среди них есть небольшое количество объектов, которые по масштабам производства сопоставимы с объектами металлов.

Большинство объектов неметаллов, отличается более мелким масштабом проектируемых предприятий (табл. 3), однако и те и другие характеризуются значениями интегральных экономических показателей лучшими, чем объекты металлов.

Исследование позволяет сделать следующие выводы.

Необходимо учитывать, что геологические объекты минерального сырья и, соответственно, горнодобывающие предприятия, проектируемые на их основе, обладают широким диапазоном различных «внутренних» параметров. Причем каждый объект находится в индивидуальных географо-экономических «внешних» условиях, а мир в целом – в состоянии постоянно и динамично меняющихся макроэкономических факторов. Поэтому при количественной ГЭО ПР какой-то единый упрощенный алгоритм или аналоговый подход, основанный на применении коэффициентов, с большой вероятностью будет давать существенно искаженные результаты, менее субъективные результаты могут быть получены за счет разработки оптимального комплекса технических, технологических и организационных решений по дальнейшему изучению и освоению. Построение геолого-экономической модели освоения должно предусматриваться для каждого перспективного объекта.

Оценка прогнозных ресурсов, особенно на новых территориях, когда отсутствуют достоверные данные по геологическому строению, технологическим свойствам руд, горно-геологическим условиям, гидрогеологии и т.д., по сравнению с подсчетом запасов значительно больше зависит от квалификации и опыта исполнителя. Ключевые моменты в такой работе должны выполняться с учетом знаний о состоянии рассматриваемых вопросов на многих эксплуатируемых и изученных месторождениях. Авторы статьи на многочисленных примерах показали возможность применения методологии укрупненного ТЭО перспективности объектов ПР категорий P_1 и P_2 , которое выполняется главным образом на основе прямого счета и вариант-

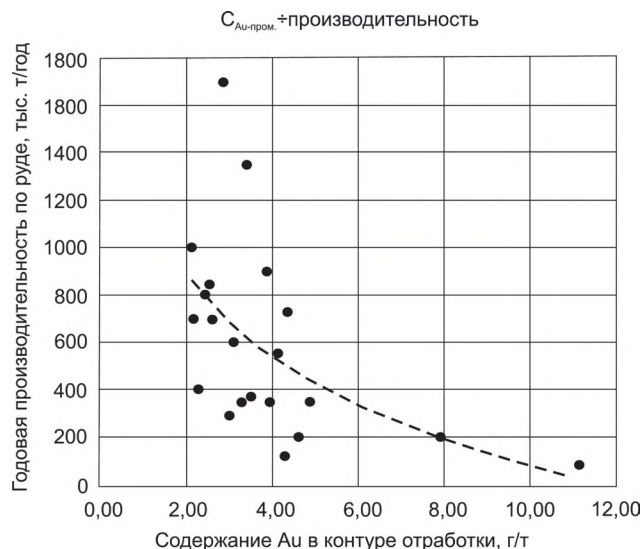


Рис. 2. Корреляционное поле зависимости содержания Au в концентрате обработки и производительности по руде

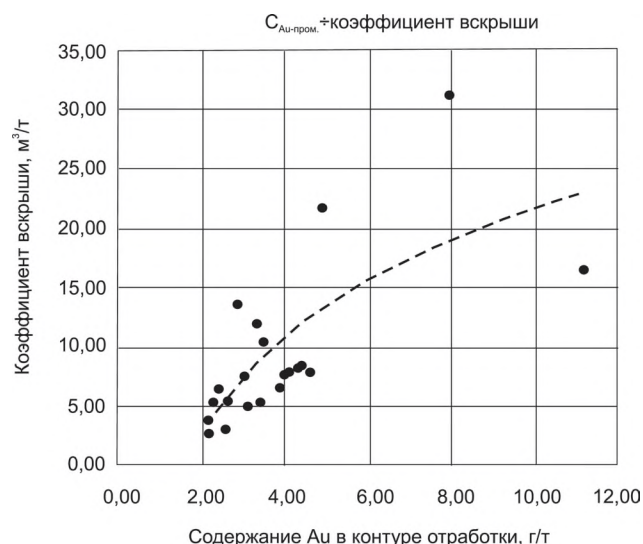


Рис. 3. Корреляционное поле зависимости содержания Au в концентрате обработки и коэффициента вскрыши

ного поиска оптимальных с экономической точки зрения оценочных параметров (кондиций). По результатам выполненной разработки инвестиционных проектов, можно сказать, что проработка различных аспектов ГЭО ПР при обычно применяемом «укрупненном» формате не только полностью не использует те первичные геологические данные, которые были получены в ходе выполненных ГРР, но может давать результаты, полностью искажающие представления о целесообразности дальнейшего изучения объекта. Методология разработки инвестиционных проектов на объектах ПР категорий P_1 и P_2 заключается в максимальном использовании име-

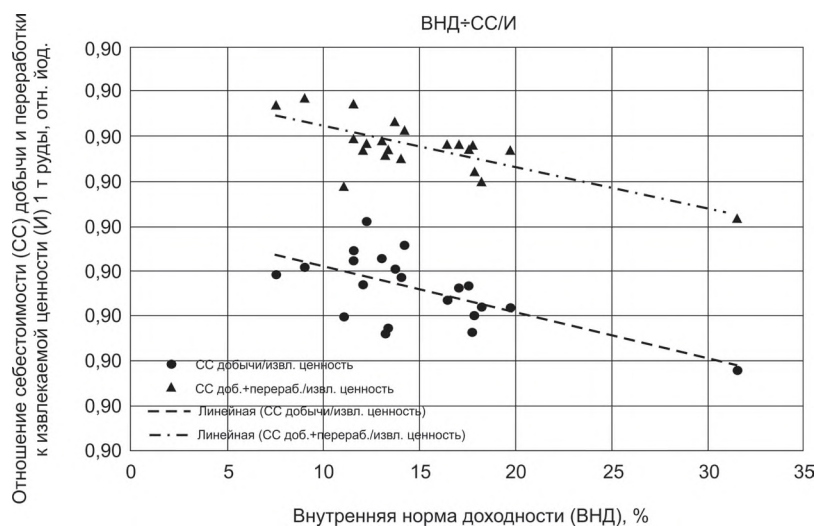


Рис. 4. Корреляционное поле зависимости доходности освоения и отношения себестоимости эксплуатации к извлекаемой ценности руды

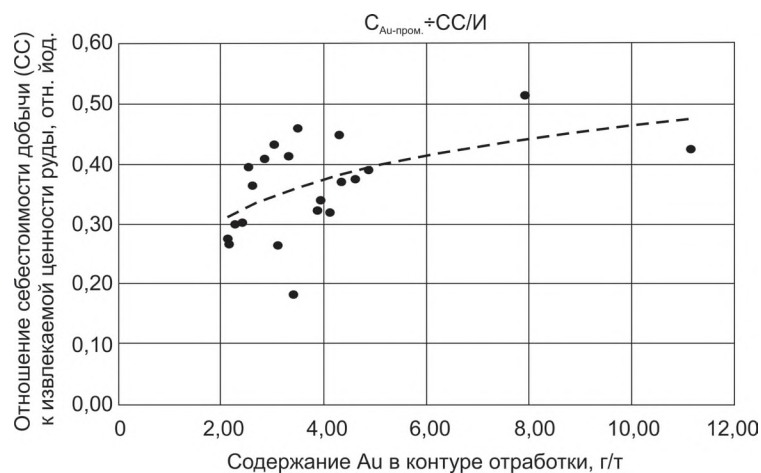


Рис. 5. Корреляционное поле зависимости содержания Au в контуре обработки и отношения себестоимости добычи к извлекаемой ценности руды

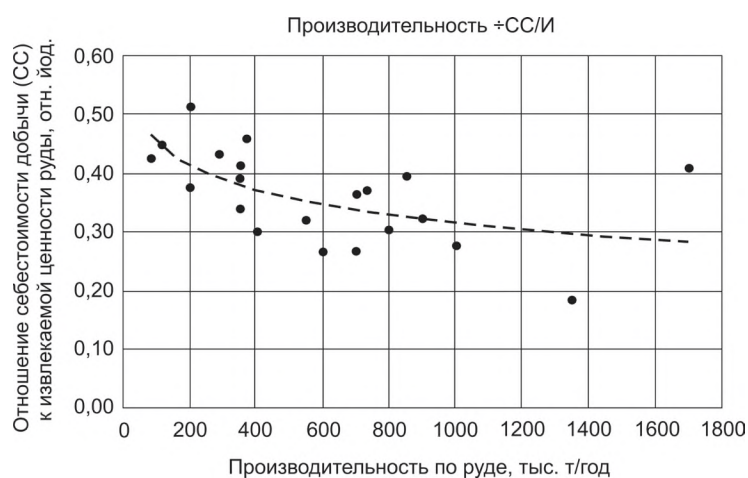


Рис. 6. Корреляционное поле зависимости производительности карьера по руде и отношения себестоимости добычи к извлекаемой ценности руды

2. Экономические показатели освоения относительно крупных объектов нерудных полезных ископаемых

<i>Цементное сырье, базальт, волокно, полигальит, апатит (4 объекта)</i>		
Показатели	Диапазон	Среднее значение
Инвестиции, всего	от 2250 до 21070 млн. руб.	7820 млн. руб.
Эксплуатационные затраты, годовые	от 1180 до 6070 млн. руб.	3280 млн. руб.
Доход предприятия (E=0) ЧДД (E=10, 15)	от 11680 до 20470 млн. руб.	15 840 млн. руб. 3040 млн. руб.
ВНД	от 13,7 до 53,75	31
ИД (E=0) (E=10, 15)	от 2,37 до 4,53 ед.	3,4 ед. 1,8 ед.
Срок обеспеченности Срок окупаемости (E=0) (E=10, 15)	от 23 до >100 лет от 3,7 до 8,6 лет	5,7 лет 7,8 года
Бюджетная эффективность, всего годовая	от 6430 до 25070 млн. руб.	17 090 млн. руб. 990 млн. руб.
Численность трудящихся	от 158 до 980 чел.	498 чел.

3. Экономические показатели освоения преобладающих объектов нерудных полезных ископаемых

<i>Бентониты, тальк, стекольные пески, бор, цеолиты, каолин, барит, магнезит, графит, доломит, керамические глины (15 объектов)</i>		
Показатели	Диапазон	Среднее значение
Инвестиции, всего	от 79 до 1335 млн. руб.	386 млн. руб.
Эксплуатационные затраты, годовые	от 33 до 209 млн. руб.	101 млн. руб.
Доход предприятия (E=0) ЧДД (E=10, 15)	от 270 до 3170 млн. руб.	1160 млн. руб. 213 млн. руб.
ВНД	от 15,5 до 47,7%	28%
ИД (E=0) (E=10, 15)	от 2,75 до 6,53 ед.	3,9 ед. 2,0 ед.
Срок обеспеченности Срок окупаемости (E=0) (E=10, 15)	от 8 до 112 лет от 2,9 до 6,8 лет	4,7 лет 6,5 года
Бюджетная эффективность, всего годовая	от 139 до 2306 млн. руб.	940 млн. руб. 55 млн. руб.
Численность трудящихся	от 25 до 180 чел.	90 чел.

ющихся геологических знаний, что снижает субъективность оценки ПР и зависимость от квалификации исполнителя, дает возможность получения воспроизводимых и проверяемых результатов.

В результате подобной работы обоснование перспектив объекта осуществляется путем получения сведений главным образом о той части ПР, которая может с учетом условий проектирования рассматриваться как промышленное руденение и является в настоящее время самой изученной, на основе которой наиболее вероятно получение экономических выгод.

Выполнение ГЭО в предложенном формате – логическое завершение, обобщение, систематизация и кри-

тический анализ геологических данных, полученных на стадии поисков. Оценка ПР в подобном формате должна проводиться на всех объектах поисковых ГРР (независимо от уровня рентабельности), на которых имеется возможность предварительно охарактеризовать таксоны, отвечающие элементам месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беневольский Б.И. и др. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – М.: ФГУП ЦНИГРИ. 2010.
2. Беневольский Б.И., Блинова Е.В., Бражник А.В., Кривцов А.И. и др. Методическое руководство по оценке прогнозных

- ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. – М.: ЦНИГРИ. 2002.
3. *Бирюков В.И.* и др. Рациональная сеть предварительной разведки. – М.: Недра, 1978.
 4. *Викентьев В.А., Карпенко И.А., Шумилин М.В.* Экспертиза подсчета запасов рудных месторождений. – М.: Недра, 1988.
 5. *Классификация* запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – М.: ГКЗ МПР, 1997.
 6. *Классификация* запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утв. приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278. – М.: МПР, 2006.
 7. *Красников В.И.* Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. – М.: Госгеолтехиздат, 1959.
 8. *Крейтер В.М.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых – М.: Недра. 1960.
 9. *Методика* по определению стартового размера платежа за пользование недрами. Приказ МПР от 30 сентября 2008 г. № 232.
 10. *Методические* рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Утверждено Минэкономики РФ, Минфинансов РФ, Госстрой РФ, Госкомпром России, Москва. 2000 г).
 11. *Методические* рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – М.: ФГУ ГКЗ, 2007.
 12. *Методические* рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р. – М., ФГУ ГКЗ, 2007.
 13. *Методическое* руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. ВИЭМС, ВИМС, ВНИИГеолнеруд, ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ЦНИГРИ. Вып. I–XV, 1986. Вып. I–V, 1989.
 14. *Методическое* руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Вып. VI: – М.: Роскомнедра-ЦНИГРИ. 1992.
 15. *Прокофьев А.П.* Основы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. – М.: Недра, 1973.
 16. *Российский* металлогенический словарь /Под ред. А.И.Кривцова. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2003.
 17. *Теоретические* основы поисков и разведки твердых полезных ископаемых. Т. 1. Поиски /Под ред. В.М.Крейтера – М.: Недра, 1968.

Центрально-Европейская серийная легенда – прообраз легенд серий листов геологических карт нового поколения

Н.У.КАРПУЗОВА (Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П.Карпинского, Московский филиал (МО ФГУП «ВСЕГЕИ»); 123585, г. Москва, ул. Маршала Тухачевского, д. 32А), Б.П.АРСЕНЬЕВ (Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П.Карпинского» (ФГУП «ВСЕГЕИ»); 199106, г. Санкт-Петербург, Средний проспект, д. 74), А.Ф.КАРПУЗОВ (Открытое акционерное общество «Российский геологический холдинг» (ОАО «Росгеология»)); 117246, г. Москва, ул. Херсонская, д. 43/3)

Изложены основные результаты работ по построению, актуализации и мониторингу серийных легенд к Государственным геологическим картам с использованием программно-технологического комплекса (ПТК) «Легенда» на примере Центрально-Европейской серийной легенды (СЛ) к листам Госгеолкарты масштаба 1:1 000 000 территории Восточно-Европейской платформы. Серийные легенды и корреляционные схемы нового поколения могут служить стратиграфо-палеонтологической и минерагенической основами при создании современных геологических карт.

Ключевые слова: геологическое картографирование, серийная легенда, программно-технологический комплекс, компьютерные технологии, карта.

Карпузова Найля Умяровна, karpuzova@mail.ru

Арсеньев Борис Павлович, abp51@yandex.ru

Карпузов Александр Федорович, afkarpuzov@rusgeology.ru

Central European Serial Legend – Prototype of Legends TO Serial Geological Maps of New Generation

N.U.KARPUZOVA, B.P.ARSENEV, A.F.KARPUZOV

The present article summarizes major results on designing, updating and monitoring of serial legends to State geological maps with utilization of «Legenda» specific complex of software and technical instruments. It also represents deliverables of processing of Central-Europe serial legend to State map of Eastern-Europe platform of 1:1 000 000 scale. Serial legends as well as correlation charts of new generation can be used as a stratigraphic, paleontological and mineragenic basis at designing of modern geological maps.

Key words: geological mapping, serial legend, complex of software and technical instruments, computer technologies, map.

Методологические основы работ по построению серийных легенд к государственным картам масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000, как вида геологоразведочных работ, были разработаны в СССР в конце 1950-х годов и сыграли огромную роль в обобщении и унификации огромного объема разнородного геологического материала полистных геологических съемок масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000. На всех этапах геологического изучения территории страны и поисков полезных ископаемых серийная легенда всегда выступала ключевым элементом системы отечественного геологического картографирования, обеспечивая в режиме мониторинга необходимую унификацию и корреляцию всего многообразия поступающей геологической информации. Несмотря на то, что в решениях Всероссийских совещаний 2000–2008 гг. отмечалось, что одним из перспективных направлений развития отечественной геологической картографии является проблема автоматизированного построения серийных легенд,

его практическая реализация оставалась уделом отдельных геологов-энтузиастов.

С наступлением «эры персональных компьютеров» и развитием программной индустрии в России начали разрабатываться информационные системы и технологии автоматизированного построения серийных легенд. Одними из пионеров данного направления выступали и авторы настоящей статьи [2–4, 10]. В последние годы специалистами Московского филиала ФГУП «ВСЕГЕИ» под руководством Н.У.Карпузовой разработана и апробирована на материалах Восточно-Европейской, Уральской и других серий листов Госгеолкарты технология автоматизированного построения серийных легенд (ПТК «Легенда»). ПТК «Легенда» позволяет: минимизировать затраты на создание и актуализацию серийных легенд масштабного ряда 1:1 000 000–1:200 000, исключить дублирование информации, преодолеть авторскую субъективность при анализе

огромных объемов разнородной геологической информации, повысить качество и достоверность прогностических построений за счет интеграции и многоаспектного анализа геолого-металлогенической информации. Разработанная технология в составе структуры базы данных (БД) (свидетельство Роспатента № 2013620694 от 10.06.2013) и программно-математического обеспечения (ПМО) (свидетельство Роспатента № 2013614453 от 13.05.2013) не имеет мировых аналогов, прошла государственную регистрацию в Роспатенте РФ, все права на ее дальнейшее использование принадлежат Российской Федерации в лице Федерального агентства по недропользованию.

Перед традиционными методами построения, актуализации и мониторинга серийных легенд к комплектам Государственных геологических карт ПТК «Легенда» имеет серьезные геологические, технические и экономические преимущества.

Геологические преимущества: создание интегрированной геологической среды, обеспечивающей единое предметное пространство для построения моделей геологического строения любых территорий, оперативное управление геологическими данными (базами данных любых объемов и сложности) на всех стадиях их создания и актуализации, минимизация влияния «человеческого фактора» (минимизацию технических ошибок при создании БД, преодоление авторской субъективности при анализе геологической информации и построении СЛ), что в дальнейшем обеспечит высокое качество и достоверность прогнозных построений.

Технические преимущества: технологии, стандарты и программно-технические средства, обеспечивающие эффективный и экономичный обмен электронными базами данных вне зависимости от форматов, в которых они выполнены, контроль за их созданием, прохождением и использованием, включая:

обеспечение эффективного и экономичного обмена электронными базами данных стандартных форматов; совместную работу нескольких созданных баз данных; автоматизированное построение всех элементов зональной серийной легенды;

создание, хранение в одной серверной базе данных разных версий СЛ (полотна легенд, схемы корреляции и др.), обмен фрагментами или целым полотнами между разными макетами, обеспечивая актуализацию легенд на базе их существующих версий;

оперативное внесение изменений в легенду с корректной трансформацией структуры легенды, включая детализацию шкал разного статуса;

многочисленные оформительские возможности, используемые для любых групп объектов на полотне СЛ.

Экономические преимущества: сокращения сроков проведения актуализации СЛ вне зависимости от их масштаба и стоимости работ за счет использования единого ПТК и БД, возможность создания вне-

масштабных легенд, оперативное управление геологическими базами данных и прогнозными ресурсами всех видов полезных ископаемых на всех стадиях их получения и актуализации.

Так что же в современном научно-методическом понимании в российской геологии означает термин «серийная легенда нового поколения», в чем его отличие от предыдущих?

Согласно ГОСТ 21667-76 «Картография», легенда – это свод условных знаков и пояснений к карте, раскрывающих ее содержание. Близкое к данному определению и то, которое приводится в Инструкции по составлению государственных геологических карт масштаба 1:200 000. «Легенда серий листов Гостеокарты-200 представляет собой систему картируемых геологических подразделений и набор условных знаков, призванных обеспечить требуемую Инструкцией-95 стандартизацию содержания и картографического изображения геологической информации» [9, с. 233].

С развитием геологических знаний и информационных технологий менялось и предметное наполнение этого важнейшего для геологической картографии методического блока.

По определению А.И. Бурдэ «геологическая легенда – это сложная теоретическая конструкция, раскрывающая глубинную структуру карты, и обладающая тремя аспектами: знаковым, классификационным и структурным» [13, с. 39]. Данное определение перебрасывает мостик от геолого-картографического содержания к системно-информационному.

По мнению авторов публикации, серийная легенда нового поколения – «это открытая непрерывно развивающаяся многоуровневая, многоцелевая информационно-аналитическая система на базе геологических и смежных баз данных и знаний, реализованная на конкретных программно-технических средствах, раскрывающая геологические, стратиграфо-палеонтологические и минерагенические особенности геологического строения территорий» [4, с. 10].

В научно-редакционный совет (НРС) Федерального агентства по недропользованию поступают актуализированные серийные легенды, выполненные в разных информационных пакетах. Традиционно геологами используются при создании и актуализации серийных легенд старые и добрые знакомые, понятные всем пользователям Corel и Excel. На смену им все чаще серийные легенды представляются в различных ГИС-пакетах (например, ArcMap), использование которых рекомендуется действующими нормативно-методическими документами, но которые, все же, не имеют необходимых технологических возможностей по автоматизированному построению легенд серий и ведению БД.

Авторским коллективом МФ ВСЕГЕИ представлена актуализированная версия Центрально-Европейской серийной легенды, выполненная в специализированном

программно-технологическом комплексе «Легенда» (ПТК «Легенда»), который позволил преодолеть все недостатки, присущие перечисленным выше программным средствам, и провести в автоматизированном режиме ее обновление с учетом всех полученных после 2005 г. геолого-геофизических и металлогенических данных, создав тем самым прообраз серийных легенд нового поколения [1].

Основными исходными данными для актуализации Центрально-Европейской легенды серий явились:

материалы предыдущих версий легенд: СЛ-1000/3 (2005) Госгеолкарт масштаба 1:1 000 000 [11], СЛ-200/2 (Московская (1997), Воронежская (2005), Средневожская (2005), Нижневожская (1998)) Госгеолкарт масштаба 1:200 000;

материалы опорных и параметрических буровых скважин;

материалы новых региональных/субрегиональных стратиграфических схем, утвержденных межведомственным стратиграфическим комитетом России (МСК); новые редакции Стратиграфического (2006) и Петрографического кодексов (2008) [14, 15];

решения постоянных комиссий МСК и бюро регионального отделения по центру и югу Русской платформы (РМСК) межведомственного стратиграфического комитета о внесении изменений и дополнений в действующие стратиграфические схемы; проекты стратиграфических схем, подготовленные рабочими группами под эгидой РМСК и находящиеся в стадии рассмотрения и утверждения;

материалы регламентирующих и методических документов;

ГК-1000/3 и объяснительные записки к ним по листам (О-35, 36; О-37; N, М-36, М-37, М-38) [5–8];

ГИС-атлас, актуализированный на 01.01.2014 по Северо-Западному, Центральному и Приволжскому Федеральным округам;

научные статьи, монографии, диссертации по стратиграфии, палеонтологии, палеогеографии, магматизму, геохронологии, полезным ископаемым и др. территории Восточно-Европейской платформы.

Создание серийных легенд нового поколения проводится через процедуру актуализации действующих СЛ-1000/3 новыми технологиями в соответствии с принятыми нормативно-методическими документами, поэтапно в соответствии с принятой технологической схемой работ (рис. 1).

Актуализация Центрально-Европейской легенды серий ГК-1000/3 проводилась авторами с использованием специализированного ПТК «Легенда», показавшей своим несомненные преимущества перед другими технологиями по созданию, увязке, построению СЛ [1, 4, 16].

Главными преимуществами автоматизированной технологии построения СЛ с использованием ПТК «Легенда» являются:

понятная и четкая последовательность действий, подкрепленных функциональными возможностями ПТК;

создание многопрофильных баз данных и знаний, как основы новой информационной геологической среды;

преодоление авторского субъективизма через механизмы многовариантности и системного подхода; отказ от статических систем представления геолого-минерогенических данных и переход к динамическим через механизмы автоматизированного построения общей, региональных и местных шкал, а также схем межсерийной корреляции;

повышение достоверности и надежности получаемых результатов за счет использования различных методов анализа и селекции данных;

переход на модельные и инструментальные абстракции при работе с данными, что создает принципиально иные возможности их представления в объектных геологических моделях;

отказ от жестких информационных стандартов, с предоставлением пользователю возможности работы в привычной для него лексической среде и документальном интерфейсе;

обеспечение жесткого контроля и управление занесением в базы информативно не классифицированных геологических данных и знаний через механизмы пользовательского интерфейса;

возможность работы с огромными массивами текстовых данных.

В общем виде схема технологии автоматизированного построения серийных легенд нового поколения средствами ПТК «Легенда» представлена на рис. 2 и включает следующие этапы: подготовительный, основной и заключительный.

На подготовительном этапе построений были отражены через матрично-иерархическое представление международная (МСШ), общая (ОСШ) и региональные (РСШ) стратиграфические шкалы, зональные палеонтологические характеристики подразделений разных категорий, структурированные описания стратонот территории Центрально-Европейской легенды.

На основном этапе осуществлялось: построение МСШ, ОСШ и РСШ в качестве возрастного каркаса схем корреляции и полотен легенд; местные подразделения (корреляционная часть легенд) вписывалась в этот каркас с наследованием разных свойств; проведение анализа новых материалов по геологическому строению территории легенды серии для принятия интеллектуального решения по присвоению объектам легенды нового свойства (или сохранение ранее полученного, или проведение его коррекции в свете новых данных); построение ГИС-проектов к СЛ (схем районирования); формирование словарей в качестве стратиграфо-палеонтологической и минерогенической основ базы знаний по данной территории.

На заключительном этапе проводилось: маке-

тирование легенды, окончательная корректировка построенной легенды по возрастным блокам, генерирование пояснительных описаний, формирование списка подразделений СЛ по элементам районирования для схемы корреляции, выполнялось дополнительное оформление документов к тиражированию актуализированной легенды серии, включая объяснительную записку.

Территория Центрально-Европейской серии Госгеолкарты-1000/3 включает номенклатурные листы масштаба 1:1000 000: О-35-О39, N-36-N39, М-36-М39 (рисунки 3, 4); занимает большую часть Русской плиты в пределах Российской Федерации, охватывая надпорядковые структуры платформы – Московскую и Балтийскую (фрагмент) синеклизы, Волго-Уральскую и Воронежскую антеклизы (см. рис. 3). В ее пределы попадает также погребенный склон Балтийского щита,

фрагменты Прикаспийской впадины и Восточного Донбасса. Структурными этажами древних платформ являются фундамент (AR–PR₁) и осадочный чехол (R–KZ). Кристаллический фундамент сложен метаморфическими и plutonicкими образованиями, залегающими на глубинах от первых десятков метров на Воронежской антеклизе до 5 км и более в пределах авлакогенов (центральная и восточная части региона) и более 25 км – в Прикаспийской впадине и Донбассе. Верхний этаж (осадочный чехол) делится на мегакомплексы, сформировавшиеся при разных тектонических режимах, разделенные несогласиями и крупными перерывами в осадконакоплении.

В развитии региона выделяются следующие структурно-тектонические этапы: раннеархейский, позднеархейский, карельский, рифей-вендский, каледонский, герцинский, киммерийский, альпийский

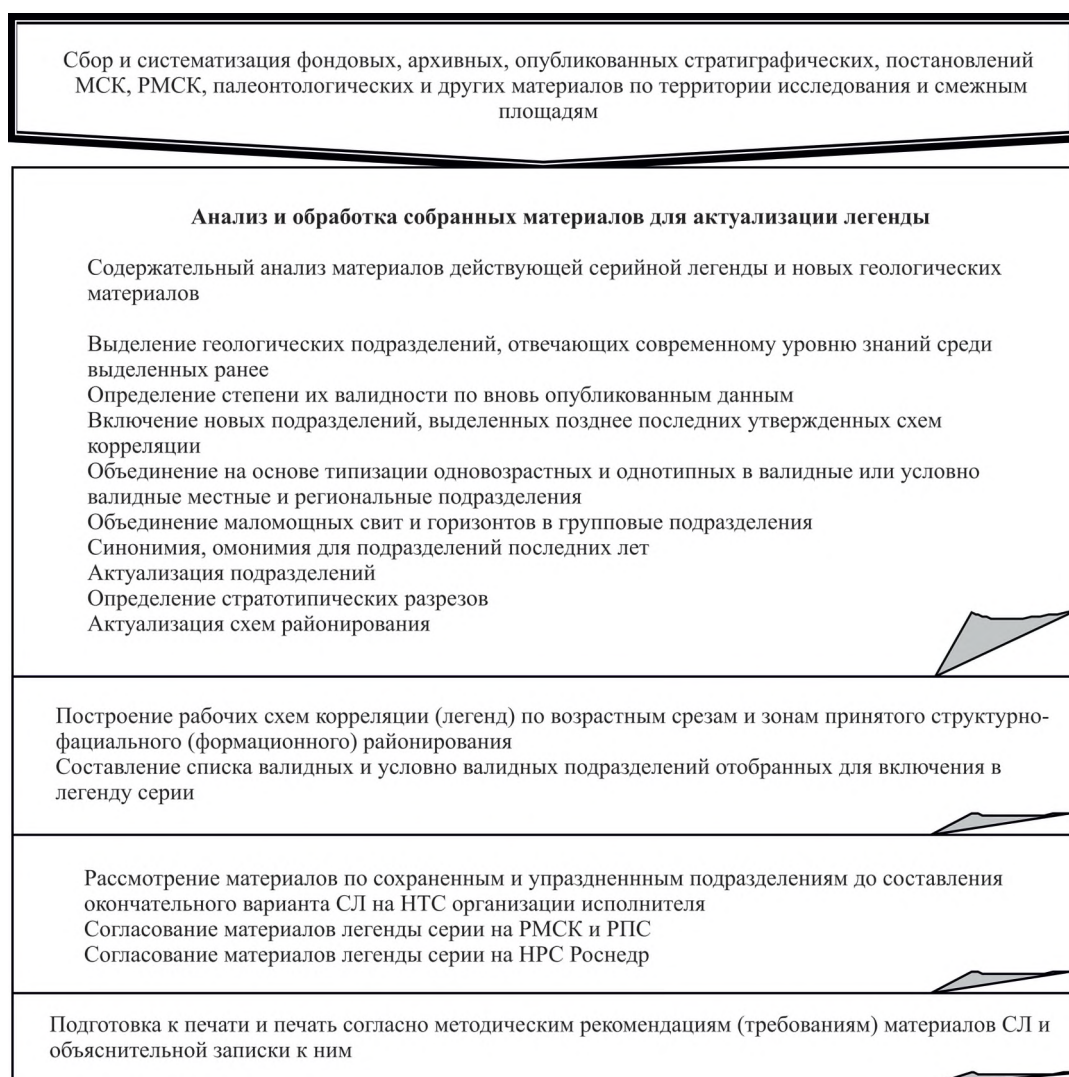


Рис. 1. Типовой состав работ по составлению и актуализации серийных легенд к государственным геологическим картам масштаба 1:1 000 000 (ГК-1000/3) и 1:200 000 (ГК-200/2)

и современный. В пределах тектонических этапов выделяются структурно-формационные комплексы (СФК).

Каждому этапу тектонического развития отвечает

определенная минерагеническая эпоха и (или) этап со своим набором полезных ископаемых. В пределах Центрально-Европейской СЛ выделяются архейская (цветные металлы, железные руды), карельская (цвет-

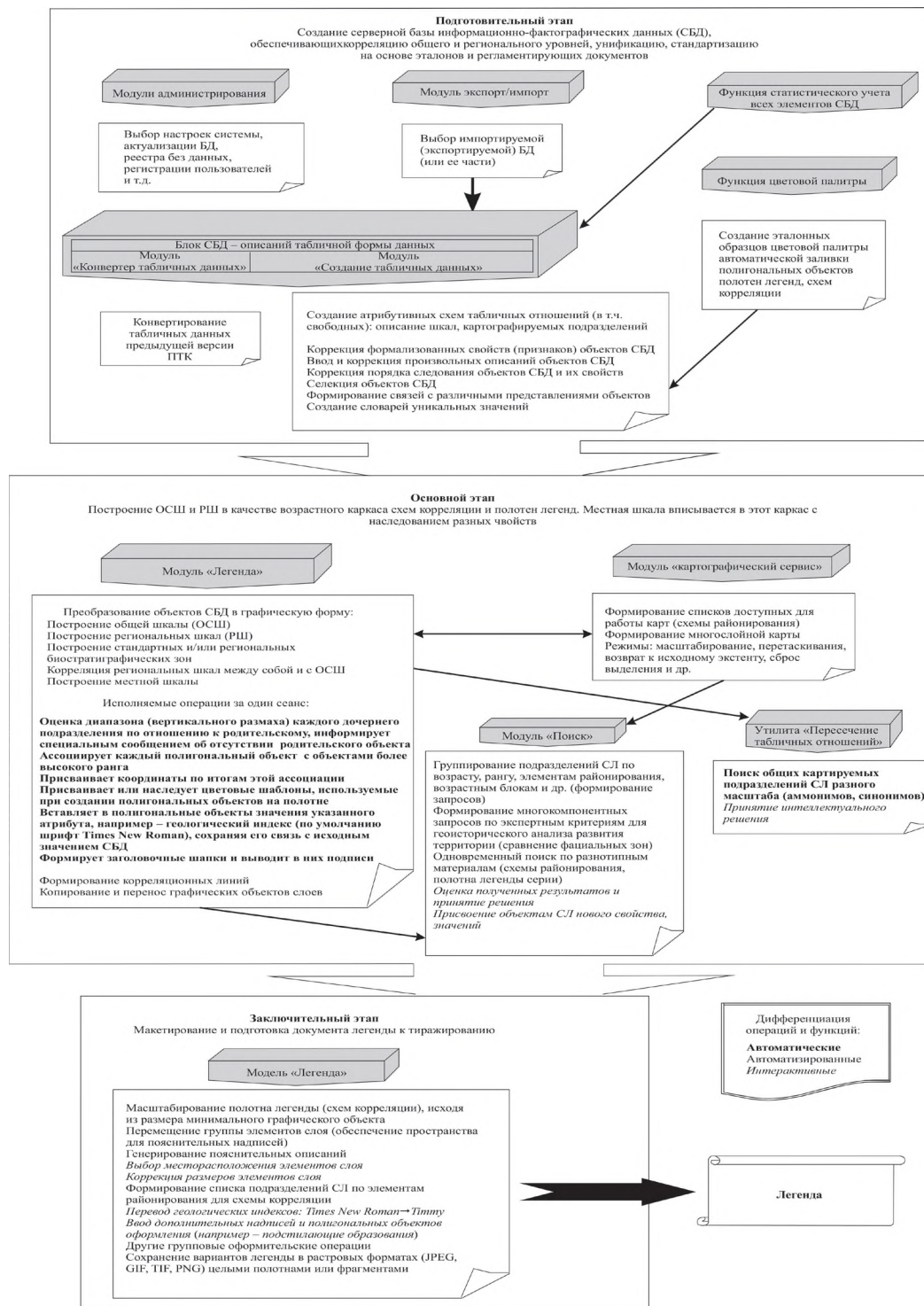
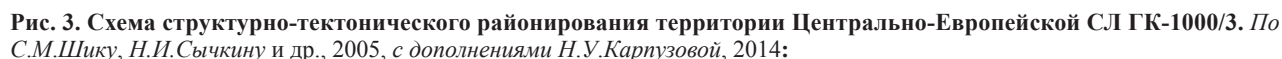


Рис. 2. Технологическая схема автоматизированного построения и актуализации серийных легенд нового поколения средствами ПТК «Легенда»

Актуализация Центрально-Европейской СЛ-1000/3 [1] проводилась с учетом новых реакций регламентирующих и методических документов: Стратиграфического (2006), Петрографического (2008) и Металлогенического (2012) кодексов, Основных положений по созданию серийных легенд Госгеолкарты-1000/3 (2001) и последующих модификаций этого документа,



19

а также Методического руководства по составлению и подготовке к изданию листов Гостгеолкарты-1000/3 (2010).

Основные содержательные изменения и дополнения вносились по материалам, утвержденным после принятия последней версии легенды:

постановлений бюро МСК, касающихся модернизации общей стратиграфической шкалы (O, S, N, Q);

региональных (субрегиональных) стратиграфических схем (юрских отложений, отложений триаса запада и центра Восточно-Европейской платформы, отложений палеогена Поволжско-Прикаспийского субрегиона);

решений постоянных комиссий МСК и бюро РМСК о внесении изменений и дополнений в действующие стратиграфические схемы (венда, силура, карбона, пер-

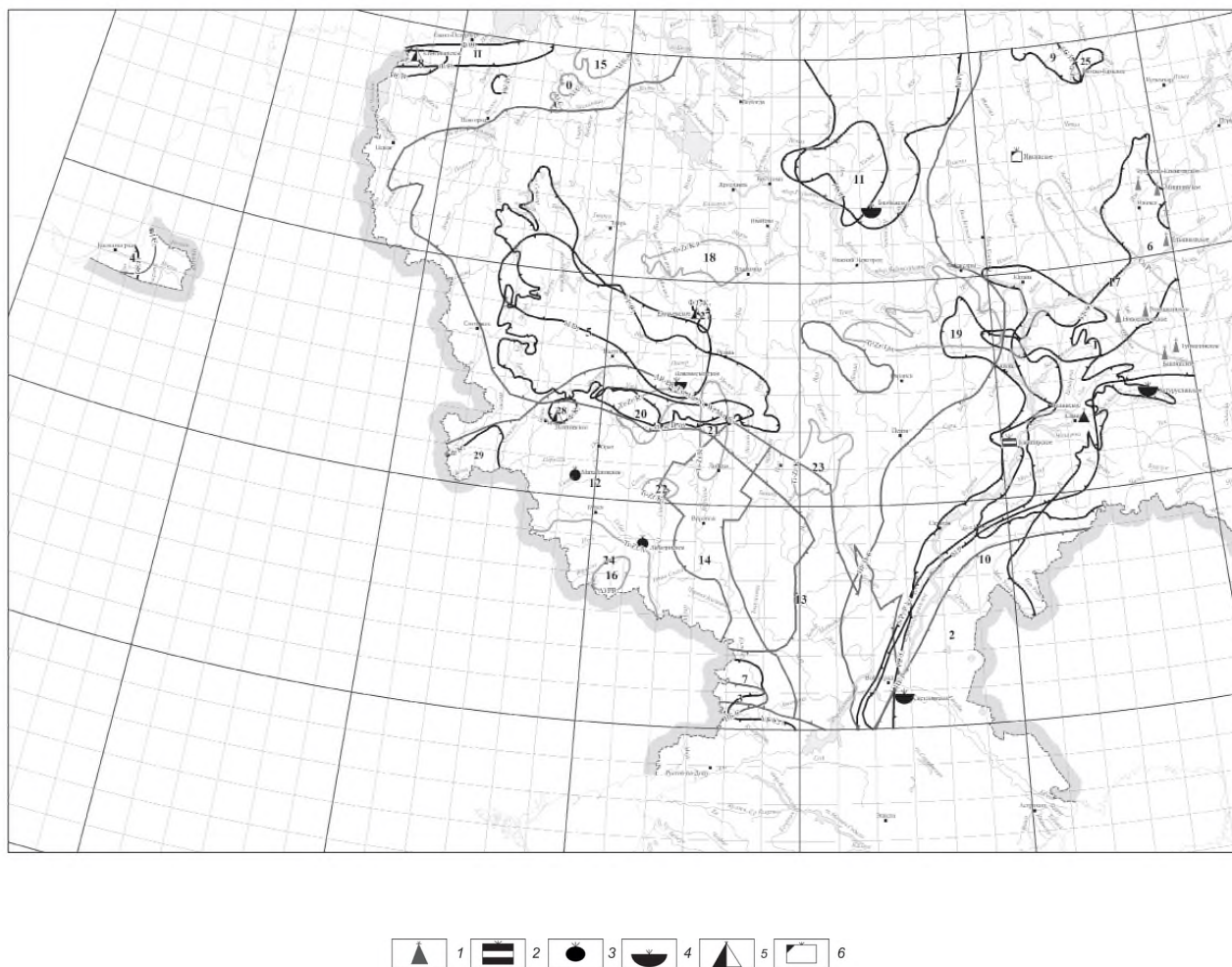


Рис. 4. Схема минерагенического районирования территории Центрально-Европейской СЛГК-1000/3. По С.М.Шуку, Н.И.Сычкину и др., 2005, с изменениями и дополнениями А.Ф.Карпузова, 2014:

крупные месторождения: 1 – нефти, 2 – горючих сланцев, 3 – железа, 4 – соли (галит), 5 – фосфоритов, 6 – гипса, ангидрита; границы установленных минерагенических таксонов: нефтегазоносных провинций, НГ/D–С: 1 – Волго-Уральская, 2 – Прикаспийская, 3 – Днепровско-Припятская (Днепровско-Донецкая область), нефтеносного района: 4 – Калининградский; угленосных бассейнов, УГ/С₁: 5 – Подмосковский, 6 – Вятско-Камский, 7 – Донецкий; сланценоносных бассейнов, ГС/J₃: 8 – Прибалтийский, 9 – Сысольский, 10 – Волжский, 11 – Костромской; минерагенических провинций и поясов ВКМ AR–PR₁/Fe, Au, Ni, W, Mo, Cu: 12 – провинция КМА (железо, бокситы, никель, медь, золото, редкие металлы, апатит), 13 – Калачско-Эртильская провинция (никель, медь, золото, платина, графит), 14 – Лосевский пояс; бокситоносных зон, Al/PR₁: 15 – Тихвинско-Онежская, 16 – Белгородская; 17 – Вятско-Камской минерагенической провинции медистых песчаников, Cu/P₂; титано-циркониевых россыпных районов и зон, Ti–Zr/J₂: 18 – Подмосковная, 19 – Лукояновский, 20 – Плавско-Богородицкий, 21 – Липецкий, 22 – Елецко-Ливенский, 23 – Тамбовский, 24 – Белгородская; фосфорито-минерагенических зон, Ф/K₂: 25 – Вятско-Камская, 26 – Прибалтийская, 27 – Подмосковная, 28 – Брянская, 29 – Унечская; 30 – Волжского сероносного бассейна (Прикаспийская сероносная провинция), S/P₁₋₂; целестиноносных минерагенических зон, ст, sr/D₃; соленосных бассейнов, hl/P; артезианского бассейна термальных вод

ми, верхнего мела);

комплектов Госгеокарты-1000/3 и Госгеокарты-200/2, в том числе на смежные территории;

актуализированной Средневожской СЛ-200, утвержденной НРС Роснедр в 2005 г.

При модернизации легенды использовались проекты стратиграфических схем, подготовленные или находящиеся в стадии рассмотрения РМСК по центру и югу Русской платформы силура, триаса (Прикаспийский субрегион), нижнего мела (для трех субрегионов: 1) Польско-Литовской, Московской, Мезенской синеклиз и Вятско-Камской впадины; 2) Воронежской антеклизы; 3) Среднего-Нижнего Поволжья и Прикаспийской синеклизы), квартера (Центральный, Прикаспийский регионы). Учитывались также материалы действующих смежных СЛ-1000/3, научно-исследовательских и тематических исследований, опубликованная и фондовая литература, посвященная вопросам стратиграфии, тектоники и минерагении Восточно-Европейской платформы.

Для корректировки стратиграфо-палеонтологической основы территории при актуализации СЛ-1000/3 Центрально-Европейской серии были проведены следующие работы:

по материалам новых стратиграфических схем и публикаций МСК в блоках легенды фанерозоя приведены зональные стандарты, палеонтологическая характеристика горизонтов и подразделений;

в соответствии с действующими требованиями НРС Роснедр региональные стратона, приведенные в серийной легенде версии 2005 г., были полностью заменены на местные;

впервые для каждого возрастного диапазона приведена родовидовая характеристика типовых органических остатков, что позволяет проследить эволюцию развития органического мира в процессе формирования Русской платформы;

в блоке квартера серийной легенды приведена изотопно-кислородная шкала (наличие этих данных действующими Методическими рекомендациями по составлению серийных легенд не регламентируются, но, по мнению составителей легенды Центрально-Европейской серии, эта информация является основой для региональной и межрегиональной корреляции в СЛ нового поколения).

В результате проведенных работ изменения коснулись, в той или иной степени, всех возрастных уровней стратиграфо-палеонтологического каркаса территории СЛ. Количественные данные по актуализации стратона Центрально-Европейской СЛ-1000/3 приведены в таблице.

Для архей-раннепротерозойского диапазона расширены возрастные рамки блока легенды в связи с выделением по геолого-геофизическим данным в северо-западной части территории СЛ раннерифейских гранитов рапакиви, детализировано районирование

Воронежской (введено 5 плутонических комплексов, детализировано расчленение ранее выделенных таксонов, приведены результаты новых изотопно-геохронологических исследований и др.) и Белорусско-Прибалтийской (фрагмент Свекофеннского подвижного пояса) структурно-формационных областей (СФО), вынесены месторасположения петротипов, включенных в легенду плутонических комплексов, уточнено местоположение страто- и петротипов некоторых подразделений, приведены новые реперные датировки по новогольскому, смородинскому, стойло-николаевскому, рождественскому, еланскому, мамонскому и дубравинскому комплексам.

Для рифейского диапазона уточнена схема структурно-формационного районирования в связи с изменением по геолого-геофизическим данным и материалам бурения границ Пачелмской структурно-формационной зоны (СФЗ) и включением в ее состав Ивановского и Пугачевского грабенов. Для восточных структурно-формационных зон: Серноводско-Абдулинской и Камско-Бельской уточнен ареал распространения, стратиграфический диапазон некоторых подразделений рифейского возраста, приведена дополнительно родовидовая характеристика органических остатков, включена в легенду боровская свита, развитая в западной части Серноводско-Абдулинской СФЗ. Для увязки с Уральской легендой серий ГК-1000/3 проведено расчленение кырпинской серии нижнего и абдулинской – верхнего рифея.

Для вендского диапазона по новым геофизическим данным уточнена схема структурно-фациального районирования южного крыла и юго-западного замыкания Московской синеклизы и проведена коррекция границ некоторых структурно-фациальных зон (СФЗ) современного распространения отложений венда. Картографируемые региональные подразделения (горизонты) скоррелированы и заменены местными стратонами: в Лужско-Ладужской СФЗ детализировано расчленение отложений котлинского уровня, впервые включены в легенду сеймостратиграфические подразделения, картографируемые на акватории Финского залива; в Клиновском грабене лапландские ледниковые образования представлены глусской свитой (ранее эти отложения относились к торопецкой свите древлянской серии).

Для кембрийской системы СЛ уточнены границы развития Псковско-Невельской и Пестово-Валдайской (введена бугинская свита) зон, в связи со сходством разрезов и степенью расчлененности объединены зоны Балтийской синеклизы, Лужской и Ладужской моноклиналей. В Лужско-Ладужской зоне: детализировано расчленение отложений лонтоваского уровня (введены сиверская и ломоносовская свиты), из-за малой мощности в западной части зоны объединены саблинская и ладожская свиты, упразднено подразделение – нижнесаблинская подсвита. В аква-

Количественные данные о стратонах Центрально-Европейской СЛ-1000/3

Возрастные диапазоны	Версия СЛ-1000/3 (2005)		Версия СЛ-1000/3 (2014)	
	Количество региональных стратонов	Родовидовая характеристика органических остатков	Количество местных стратонов	Количество приведенных в СЛ родовидовых характеристик органических остатков (в %)
AR-PR ₁	65*	Отсутствует	87	–
R	28*		36+1	3 подразделения
V	19		29	13
Є	23		25	50
O	74*		98	60
S	23*		17	60
D	137		200	60
C	106		153	50
P ₁	32		43	25
P ₂₋₃	46		127	35
T	32		59	80
J	60		178	80
K ₁	50		197	50
K ₂	32		123	70
Pg	57		125	70
N	62		53	60
Q			>340	30

Примечание. * – выделенные в рангах местных стратонов до 2005 г.

тории Балтийского моря впервые выделены отложения доминопольского уровня (глинисто-песчаниковая толща), в связи с недостаточной изученностью разрезов местные подразделения не расчленены.

Общая стратиграфическая шкала ордовика в серийной легенде приведена в соответствии с Международной стратиграфической шкалой с заменой стандартных британских ярусов (тремадокский, аренигский, лланвирнский, карадокский, ашгиллский) на новую ярусную последовательность: тремадокский, флоский, дапинский, дарривилский, сандбийский, катийский, хирнантский. В связи с пересмотром нижней границы ордовика нижняя часть пакерортского горизонта отнесена к верхнему кембрию. Поэтому тосненская свита, в которой установлены зональные виды конодонтов (*Cordylodus proavus*, *intermedius*, *rotundatus*) имеет возраст верхний кембрий–нижний ордовик. Для уточнения положения границ горизонтов дополнительно на схему корреляции выведены зональные стандарты по конодонтам, характеризующие нижний–средний ордовик (Северо-Атлантическая провинция).

Общая стратиграфическая шкала силура в серийной легенде, принятая РМСК в 1989 г., приведена в соответствии с Международной стратиграфической шкалой 2008 г. Изменения коснулись рангов трех групп: подразделения отдела переведены в ранг подсистемы, яруса – в ранг отдела, подъяруса – в ранг яруса, введены два новых подразделения (дмитровская и варлыгинская свиты); распространение отложений

лазтсеской свиты ограничено Балтийской и Ладужской структурно-формационными зонами. Согласно решению РМСК от 2012 г. изменены стратиграфические объемы некоторых стратонов силура. Все изменения учтены при построении схемы корреляции и легенды отложений силура. В региональной стратиграфической шкале актуализированной версии легенды введены горизонты Северо-Западного региона.

Общая и региональная стратиграфические шкалы девонской системы приведены в актуализированной серийной легенде в соответствии с опубликованной в 2008 г. Межрегиональной стратиграфической схемой девонских отложений территории России. На территории легенды развиты отложения морских и лагунно-континентальных фаций: на схемах корреляции даны палеонтологические характеристики, в том числе региональных биостратиграфических подразделений Восточно-Европейской платформы. При подготовке к изданию листов О-(35), 36 и О-37 были пересмотрены разрезы на территории Псковско-Кубенской СФЗ.

Каменноугольная система. Районирование в целом наследует предыдущий вариант легенды; отложения среднего и верхнего отделов были объединены и представлены на единых схемах районирования и корреляции. Согласно решению Комиссии по каменноугольной системе от 2011 г. свиты были переведены в ранг серий (33 свиты и две надсвиты выделены в составе одиннадцати серий).

В предыдущем варианте Центрально-Европейской

СЛ-1000/3, на унифицированных стратиграфических схемах (УСС) 1990 г. и Онежской СЛ-200/2 выделялись надпорожская свита в объеме добрятинского, павлово-посадского, ногинского горизонтов, юрьинская серия (чурьгская и акуловская свиты) в объеме кревьякинского, хамовнического и дорогомилковского горизонтов, стратоны которых выделялись севернее указанной территории. В актуализированной версии СЛ надпорожская, чурьгская и акуловская свиты исключены, так как их отложения были выделены гораздо севернее, на сопредельной территории в бассейне о. Онега, и не получили своего продолжения на территорию Центрально-Европейской серийной легенды. На схемах корреляции каменноугольных отложений для уточнения стратиграфических объемов картографируемых подразделений приведены биостратиграфические зоны по фораминиферам и конодонтам.

Пермская система представлена отложениями Приуральского, Биармийского и Татарского отделов. Решением комиссии МСК по пермской системе от 2009 г. была детализирована региональная шкала Татарского отдела, что нашло свое отражение в актуализированной серийной легенде. Выделены сухонский, путятинский (северодвинский ярус) и нефедовский, быковский (вятский ярус) горизонты, по совокупности геолого-геофизических данных и расположению стратотипических разрезов уточнены границы зон Кубенско-Сухонской, Ярославско-Шарьинской (3) и западной границы Вятско-Казанской зон, изменен возраст и стратиграфический объем обнорской свиты.

Триасовая система. Актуализация выполнена в соответствии с Уточненной субрегиональной стратиграфической схемой триасовых отложений запада и центра Восточно-Европейской платформы, утвержденной бюро МСК в 2011 г., и Проектом обновленной стратиграфической схемы триасовых отложений Прикаспийского субрегиона, подготовленного коллективом исполнителей под руководством Д.А.Кухтинова и рассмотренного РМСК в 2014 году. В РСШ введен устьмыльский горизонт; приведена региональная магнитостратиграфическая шкала; приведена палеонтологическая характеристика региональных стратонов субрегионов. Остался не отраженным в легенде разрез структурно-фациальной зоны Южного склона Воронежской антеклизы (Восточно-Белорусская моноклинали), так как присутствие триасовых отложений на этой территории не подтверждено имеющимся геолого-палеонтологическим материалом.

Для юрской системы актуализация выполнена на основе Унифицированной региональной стратиграфической схемы (УРСС) юрских отложений Восточно-Европейской платформы 2013 г. (издание январь 2013 г.). Существенные изменения коснулись региональной части схемы: были выделены 7 горизонтов, сгруппированных в два надгоризонта и один региоярус. Из употребления были выведены 20 свит и

толщ, распространенных на территории, как эквиваленты или латеральные аналоги; изменены ранги некоторых стратонов (серий, свит и толщ).

Меловая система в актуализированной версии легенды выполнена на основе проекта, подготовленного А.Г.Олферьевым в 2011 г.

Для верхнего отдела меловой системы уточнена граница Московской и Брянско-Курской структурно-формационных зон. В Брянско-Курскую СФЗ включены ареалы распространения отложений ельнинской, смоленской свит и ужской толщи, изменен возраст унечской, дубенковской и объем роговской, подгорненской, новооскольской свит в связи с переносом границы подгорненского и дубенковского горизонтов.

При актуализации *палеогеновой системы* СЛ были использованы Унифицированная региональная стратиграфическая схема палеогеновых отложений Воронежского субрегиона (2000) и новая Унифицированная стратиграфическая схема палеогеновых отложений Поволжья и Прикаспия (2014).

В результате проведенных работ существенно детализирована Воронежская структурно-формационная зона (впервые в легенде приведены разрезы для западной, центральной и восточной подзон), региональная стратиграфическая шкала для Поволжско-Прикаспийского субрегиона приведена в соответствии с утвержденной схемой, а для каждой из выделенных структурно-формационных зон уточнены состав стратонов и их стратиграфические объемы.

Для неогеновой системы уточнена схема районирования неогеновых отложений, родовидовая характеристика органических остатков (картографируемых и некартографируемых) приведена для 60% подразделений. В легенде выделены 53 местных подразделения (в предыдущей версии в зонах было выделено 62 подразделения: в ранге горизонта (надгоризонта), свит, серий (толщ)). Сокращение числа подразделений связано с переносом их части в состав легенды квартера.

В состав легенды *квартера* введены подразделения гелазия, в связи с переносом нижней границы квартера (Калининградская, Донская, Курско-Миллеровская, Волго-Камская, Нижневолжская и Прикаспийская МЛЗ) в ранге серий, толщ или генетических типов отложений со своими собственными именами. Детализирован диапазон мичуринского надгоризонта, унифицированы названия генетических типов отложений. Для подразделений областей Осташковского, Московского, Донского оледенений и внеледниковых зон приведены виды пыльцы, флоры и фауны характеризующие данный возрастной уровень.

Основным дискуссионным вопросом в процессе актуализации образований квартера СЛ явилось его номенклатурное деление. Согласно общей стратиграфической шкале положение нижней границы квартера в настоящее время установлено на рубеже 2,6 млн. лет, в связи с чем, в состав образований квартера включены

отложения гелазия, ранее входившие в состав верхнего плиоцена неогеновой системы. Дискуссия о ранге яруса ведется до сих пор.

Для актуализации минерагенической основы СЛ-1000/3 Центрально-Европейской серии были выполнены следующие работы:

проведена типизация разноранговых минерагенических объектов по видам сырья, возрасту, геологической обстановке, приуроченности к структурно-формационным комплексам (СФК) и минерагеническим эпохам и этапам развития;

в соответствии с Металлогеническим кодексом [12] проведено минерагеническое районирование и выделены минерагенические таксоны: провинции, бассейны, области, зоны, рудные районы, узлы, перспективные площади, приведены описания наиболее типичных и крупных месторождений.

Комплекс полезных ископаемых территории типичен для древних платформ с мощным осадочным чехлом, осложненным разными тектоническими структурами (см. рис. 4). Важнейшими являются нефть и газ, подземные воды, бурый и каменный уголь, горючие сланцы и торф, каменная соль. Преобладают месторождения общераспространенных видов сырья, преимущественно строительные материалы; также фосфориты, каменная соль и самородная сера. Среди металлических полезных ископаемых особое значение имеют железорудные месторождения провинции Курской магнитной аномалии, бокситы, медно-никелевые руды.

Помимо традиционно профилирующих видов минерального сырья (железо, алюминий, сульфидный никель, графит, углеводородное сырье, строительные материалы, фосфориты, каменная соль, уголь), в пределах данной территории выявлены прямые признаки и прогнозируются новые виды минерального сырья нетрадиционных промышленных типов (формаций кор выветривания, гидротермальной, карбонатитовой и др.), таких как благородные металлы (золото, минералы платиновой группы) в черносланцевых комплексах, медно-колчеданные, медно-молибденовые (с золотом и серебром), полиметаллические (свинцово-цинковые) и медные в песчаниках, редкометалльные и редкоземельные, фосфатные и марганцевые, урановые руды на различных стратоевнях, новые типы титанциркониевых россыпей, алмазонаосные кимберлитовые трубки и россыпи, цеолиты и др.

Проведенная актуализация материалов по минерагении и полезным ископаемым территории Центрально-Европейской СЛ ГК-1000/3 показала, что существенных изменений в минерагенической характеристике территории СЛ, по отношению к предыдущей версии, не выявлено. Полученные прямые признаки новых видов минерального сырья нетрадиционных типов по своим характеристикам значительно уступают аналогичным объектам в других структурно-тектонических обста-

новках.

В заключение отметим следующее. Проведенный мониторинг действующих серийных легенд масштаба 1:200 000, входящих в Центрально-Европейскую серию масштаба 1:1000 000, и ее актуализация средствами ПТК «Легенда» позволили построить рабочие схемы соотношений (корреляции) кембрийских, ордовикских, силурийских, девонских, каменноугольных, пермских (Приуральского, Биармийского и Татарского отделов), триасовых, верхнемеловых отложений, включающих подавляющее количество картируемых стратонов Центрально-Европейской СЛ ГК-1000/3 и входящих в ее состав легенд серий масштаба 1:200 000.

Актуализация Центрально-Европейской СЛ ГК-1000/3 коснулась всех возрастных диапазонов от архея до квартера и позволила:

уточнить и, в ряде случаев детализировать, границы элементов районирования и современного распространения отложений на основе материалов ГК-1000/3 и ГК-200, месторасположение стратотипических разрезов и стратонов, распространенных в зонах;

дополнить корреляционные схемы почти для всех диапазонов стандартных зон и (или) региональных характеристик всей необходимой палеонтологической информацией по руководящим группам фауны: конодонтам, аммонитам, тетраподам, остракодам и другим группам органических остатков;

провести замену картографируемых ранее региональных подразделений на местные в соответствии с Методическим руководством по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третьего поколения);

использовать в качестве условных знаков подразделений микроколонки с выделением на них своим цветом картографируемых и некартографируемых подразделений;

провести типизацию разноранговых металлогенических объектов и минерагеническое районирование территории Центрально-Европейской СЛ в соответствии с Металлогеническим кодексом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Актуализированная* Центрально-Европейская легенда серии (СЛ-1000/3) с использованием технологического комплекса «Легенда». – С-Пб: ВСЕГЕИ, 2014 (рукописная).
2. *Арсеньев Б.П., Карпузова Н.У., Карпузов А.Ф., Токарева М.Н.* Принципы автоматизированного описания серийных легенд к Госгеолкарте-1000/3 в объектной модели // 300-летие геологической службы России. Т. III. – С-Пб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2001. С. 86–100.
3. *Арсеньев Б.П., Карпузова Н.У., Карпузов А.Ф., Степанов Д.В.* Объектное моделирование и технология автоматизированного построения серийных геологических легенд. Вып. 3. – М.: Геоинформмарк, 2001.
4. *Арсеньев Б.П., Карпузова Н.У., Карпузов А.Ф.* и др. Техно-

- логия автоматизированного построения серийных и корреляционных схем. – С-Пб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003.
5. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист N-36, (М-36). Смоленск. Объяснительная записка. – С-Пб: картфабрика ВСЕГЕИ, 2011.
 6. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист М-37 (Воронеж). – С-Пб: картфабрика ВСЕГЕИ, 2011.
 7. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист М-38 (Волгоград). Объяснительная записка. –С-Пб: картфабрика ВСЕГЕИ, 2011.
 8. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист N-36, (М-36). Смоленск. Объяснительная записка // Под ред. В.П.Кирикова. – С-Пб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011.
 9. *Инструкция* по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. – М.: Роскомнедра, 1995.
 10. *Карпузов А.Ф., Котельников Е.И., Шокальский С.П.* Компьютерные технологии создания серийных легенд листов государственных геологических карт нового поколения в России // Региональная геология и металлогения. 2000. № 12. С. 87–101.
 11. *Легенда* Центрально-Европейской серии листов Госгеолкарты-1000 (третье поколение) // Гл. ред. В.П.Кириков, Н.И.Сычкин. – М., 2001/2005 (рукописная).
 12. *Металлогенический кодекс* // Под ред. А.И.Кривцова. – М.: Геокарт-ГЕОС, 2012.
 13. *Основы* мелкомасштабного геологического картографирования. Методические рекомендации. – С-Пб: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995.
 14. *Петрографический кодекс* России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – С-Пб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008.
 15. *Стратиграфический кодекс*. – С-Пб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006.
 16. *Унифицированная технология* проектирования, построения и мониторинга немасштабных серийных легенд для создания полимасштабной модели геологического строения территории. – М., 2012 (рукописная).

Формационные типы месторождений золота и прогнозно-поисковые модели золоторудных районов Алтае-Саяно-Енисейской минерагенической области

А.И.ДОНЕЦ (Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1)

Рассмотрены рудноформационные типы золоторудных и золотосодержащих рудных формаций Алтае-Саяно-Енисейской минерагенической области: золотокварцевый, золотоскарновый, золотосульфидно-кварцевый и золотосодержащий колчеданно-полиметаллический. Приведены характеристики прогнозно-поисковых моделей Наталкинского, Мартайгинского и Салаирского рудных районов, включающие формационные, структурные, литофациальные, метасоматические, минералогические, геохимические и геофизические признаки.

Определены металлогенические позиции указанных рудных районов и показаны обстановки, благоприятные для прогнозирования и поисков золоторудных месторождений четырех основных рудно-формационных типов.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, рудноформационные типы месторождений, морфология рудных тел, рудовмещающие формации, прогноз рудных районов.

Донец Александр Иванович, metallogeny@tsnigri.ru

Type formative environments of Au ore deposits and prognostic exploration models of ore districts in Altay-Sayan-Yenisei mineragenic area

A.I.DONETS

Key type formative environments of Au ore deposits are considered, i.e., Natalkinski, Martaiginski and Salairski. The prognostic exploration models of Natalkinski, Martaiginski and Salairski ore districts are characterised by descriptions of their depositional environments, tectonic settings, mineralogy, geochemical and geophysical signatures. Three groups of predicted ore districts are delineated by deformation grade of the ore-hosting units and ores.

Key words: Au deposit, type formative environment, morphology of ore bodies, ore district prediction.

Рудноформационная типизация золоторудных месторождений Алтае-Саяно-Енисейской минерагенической области (АСЕМО) является необходимым компонентом прогноза рассматриваемых месторождений. Такой прогноз в практике геологоразведочных работ осуществляется на основе сбора и анализа рудоконтролирующих критериев и поисковых признаков. Характеристика геологической среды – важнейший критерий, включающий тип геологического разреза рудовмещающей геологической формации, тип геологической структуры и историю геологического развития территории.

Рудноформационная типизация месторождений золота АСЕМО и усредненные характеристики представителей рудных формаций заимствованы из методического руководства [1].

Рудный район при прогнозных исследованиях выделяется как территория протяженностью до 100 км и площадью в среднем 500 км², сложенная определенной геологической формацией и перспективная на открытие месторождений определенного рудноформационного типа.

Золотокварцевая рудная формация. Рудный рай-

он. Рудные районы с месторождениями рассматриваемой рудной формации локализуются в пределах подвижных поясов с терригенным выполнением. Они отвечают фрагментам крупных складчатых структур, локальным прогибам на крыльях синклинориев, осложненных или ограниченных системами региональных складчатых структур, локальным прогибам на крыльях синклинориев, осложненных поперечными структурами, фрагментами термокупольных структур [1].

В формировании рудных районов участвуют терригенные песчано-алевролитово-сланцевые толщи, смятые в системы сложных сопряженных складок. Для алевролитово-сланцевых образований характерно присутствие углистого вещества.

Из площадных изменений следует отметить окварцевание, серицитизацию и хлоритизацию. Для рудных районов рассматриваемого типа, судя по зарубежным аналогам, магматические образования не характерны. Проявленные в ряде рудно-россыпных районов Центральной Колымы массивы гранитоидов по отношению к объектам золотокварцевой формации – пострудные,

о чем свидетельствуют метаморфические преобразования в золотокварцевых жилах на контакте с гранитоидами.

Оконтурирование рудных районов проводится по системам региональных и сопряженных с ними разломов с учетом положения крупных складчатых структур, вмещающих золотокварцевые проявления. При этом учитывается размещение россыпей, фиксирующих положение коренных источников, и шлиховой золотоносности.

В качестве примера рудного района рассматриваемого рудноформационного типа приводится Наталкинский золоторудный район (табл. 1).

Месторождения золотокварцевой формации локализуются преимущественно в терригенных и метаморфических толщах, реже в массивах гранитоидов [1]. Рудовмещающие терригенные толщи представляют собой чередование относительно мощных (первые метры) слоев песчаников с прослоями углистых алевролитов; метаморфические образования – филлитовидные сланцы, реже гнейсы или гранито-гнейсы. Для стратиформных золотокварцевых месторождений рудовмещающей является толща глинисто-терригенного состава.

Рудоконтролирующие структуры – сложное сочетание разрывных и складчатых дислокаций на участках резкой смены фаций углеродсодержащих песчано-сланцевых флишоидальных толщ. В ряде случаев – это мощные протяженные зоны антиклинальных складок и кливажные трещины скола.

Гидротермально-измененные породы представлены кварцево-серицитовыми, кварцево-карбонатными и

кварцево-серицит-альбитовыми метасоматитами, образующими маломощные зоны и отдельные изолированные поля.

Околорудные измененные породы – кварц-альбитовые и кварц-серицит-хлорит-альбитовые метасоматиты с выделениями арсенопирита и пирита образуют маломощные (до десятков сантиметров) оторочки в контакте с кварцевыми жилами и зонами прожилкования.

Рудные тела представлены кварцевыми жилами, а также седловидными линзами и жильно-прожилковыми зонами. Характерны неравномерная насыщенность вмещающих пород кварцево-жильными образованиями и наличие нескольких гипсометрических уровней максимальной концентрации золотоносных образований.

Руды убогосульфидные, лишь в отдельных случаях отмечается содержание сульфидов до 5%. Среди рудных минералов наиболее распространены арсенопирит, пирит, сульфиды свинца, цинка и меди. На некоторых месторождениях широко проявлен антимонит, в связи с чем содержание сурьмы достигает промышленных концентраций. Золото преимущественно крупное.

В соответствии с составом руд наиболее контрастно выражены геохимические ореолы золота, мышьяка, реже свинца, меди, сурьмы, цинка и ртути.

Из минералогических признаков наиболее информативны шлиховые ореолы золота, самородки в россыпях, развалы и выходы золотоносных жильно-прожилковых кварцевых образований.

Геофизические элементы-признаки месторождений золотокварцевой формации представлены локальными

1. Прогнозно-поисковая модель рудного района золотокварцевой рудной формации

Элементы модели	Рудный район
1. Геотектоническая позиция	Турбидитный бассейн на пассивно-континентальной окраине
2. Формационные	
2.1. Рудовмещающая формация	Углеродсодержащая терригенная грубофлишоидная
2.2. Перекрывающая формация	Кластогенная пелито-кремнистая
2.3. Подстилающая формация	Песчано-глинистая
3. Магматические	Гнейсы, гранито-гнейсы; образования гранитной формации
4. Структурные	
4.1. Рудоносные структуры	Фрагменты крупных складчатых структур, осложненные системами региональных разломов, области резкого изменения простираения складчатых структур, локальные прогибы на крыльях синклиналиев, осложненные поперечными структурами; фрагменты термокупольных структур
5. Метасоматические изменения пород	Площадное окварцевание, серицитизация, хлоритизация
6. Минералогические	Россыпная и шлиховая золотоносность, поля развития жильно-прожилковых золотоносных образований
7. Геохимические	Ореолы золота и его элементов-спутников (Hg, As, Sb, Ag)
8. Геофизические	Градиентные зоны (гравиметрические ступени), участки повышенного электрического поля
9. Примеры месторождений	Наталка, Балеи

изометричными отрицательными аномалиями силы тяжести, линейными положительными магнитными аномалиями, а также участками повышенной интенсивности электрического поля.

Наталка – одно из месторождений золотокварцевой рудной формации (рис. 1).

Золотоскарновая рудная формация. Некоторые исследователи рассматривают указанную рудную формацию как субформацию в составе золотосульфидно-кварцевой рудной формации, в которую они также включают собственно золотосульфидно-кварцевую субформацию. Месторождения золотоскарновой и золотосульфидно-кварцевой формаций известны в Мартайгинском рудном районе Кузнецкого Алатау, поэтому указанный район выбран для построения соответствующих моделей [2].

Мартайгинский **рудный район** находится в северо-восточной части металлогенической провинции Кузнецкого Алатау. Продуктивной на золото металлогенической эпохой для этого региона является салаиро-

каледонская (раннекаледонская). С коллизионными комплексами рассматриваемой эпохи ассоциируются золоторудные месторождения золотоскарновой и золотосульфидно-кварцевой рудных формаций (табл. 2). Для рассматриваемых месторождений рудовмещающими являются сочетания пород вулканогенно-осадочной базальтоидной, диорит-гранодиорит-гранитной и габбро-диоритовой формаций.

Границами рудного района служат разрывы северо-восточного и северо-западного простираний, являющиеся фрагментами регионального Кузнецко-Алтайского разлома. Северная часть рудного района перекрыта песчано-галечными отложениями платформенного чехла.

В структурном плане рассматриваемый рудный район представляет собой крупную вулканотектоническую депрессию. В центральной части рудного района расположена Терсинско-Кийская вулканотектоническая депрессия, выполненная породами базальтоидной формации венда-кембрия. Она ограничена с юго-

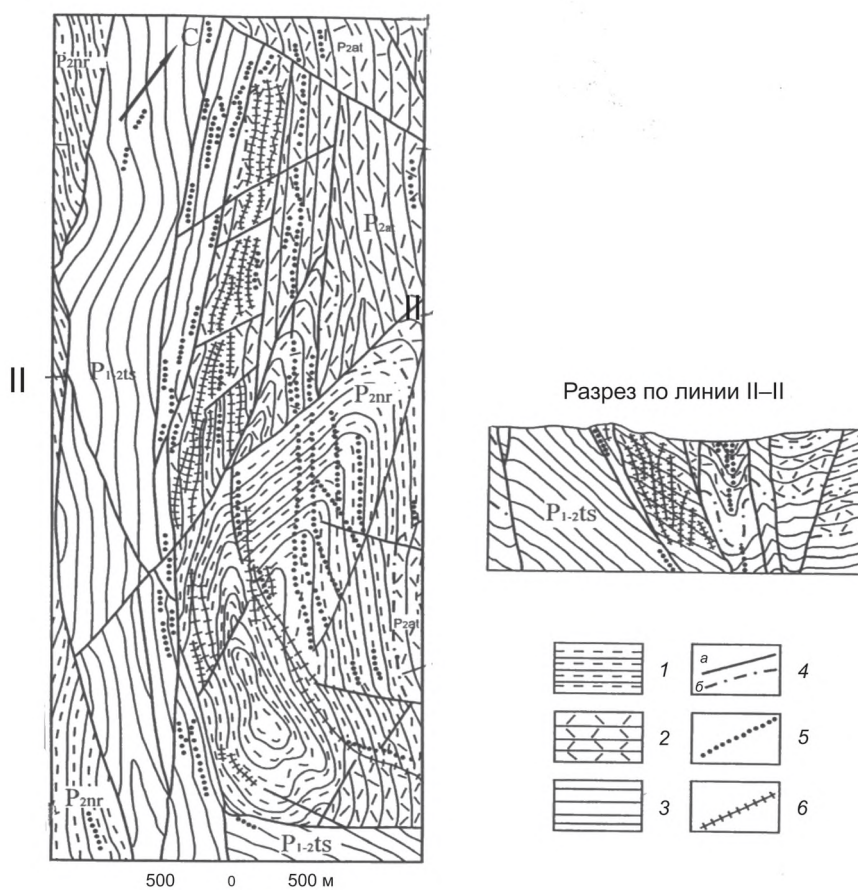


Рис. 1. Геологическая карта месторождения Наталка [2]:

1 – алевролиты и глинистые сланцы нерючинской свиты, P_{2nr} ; 2 – алевролиты и углисто-глинистые сланцы атканской свиты, P_{2at} ; 3 – глинистые и углисто-глинистые пиритизированные сланцы тасской свиты, P_{1-2ts} ; 4 – разломы: *a* – секущие и *б* – субсогласные; 5 – дайки различного состава, преимущественно позднеюрские; 6 – рудные тела

2. Прогнозно-поисковая модель рудного района с золотоскарновой и золотосульфидно-кварцевой рудными формациями

Элементы модели	Рудный район
1. Геотектоническая позиция	Плутонический пояс гранитоидного ряда, формировавшийся в коллизионном геодинамическом режиме
2. Формационные	
2.1. Рудовмещающая формация	Сочетание пород вулканогенно-осадочной базальтоидной, диорит-гранодиорит-гранитной и габбро-диоритовой формаций
3. Магматические	Граниты, диорит-гранодиориты, габбро-диориты, базальты
4. Структурные	
4.1. Рудоносные структуры	Вулканотектонические депрессии, осложненные гранитоидными интрузивами
4.2. Разрывные тектонические нарушения	Фрагменты регионального Кузнецко-Алтайского разлома и оперяющие его тектонические нарушения
5. Метасоматические изменения пород	Пропилитизация, лиственитизация, березитизация
6. Минералогические	Наличие коренных месторождений и рудопроявлений золота, вольфрама, золотоносных россыпей, а также шлиховых ореолов золота и шеелита
7. Геохимические	Геохимические ореолы золота и его элементов-спутников (вольфрама, серебра)
8. Геофизические	Гравиметрические аномалии
9. Примеры месторождений	Комсомольское, Старо-Берикульское, Натальевское, Федоровское

востока и северо-запада поднятиями, в составе которых преобладают породы карбонатной и кремнисто-карбонатной формаций рифея и рифея–кембрия. В среднем кембрии вулканотектонические депрессии выполнены терригенно-вулканогенными породами андезит-базальтовой формации, прорванной интрузиями различных комплексов: среднекембрийскими габбро-дунит-гарцбургитами, средне-позднекембрийскими габбро-диоритами, позднекембрийско-ордовикскими диорит-гранодиорит-гранитами. Указанная андезит-базальтовая формация относится к мартайгинскому комплексу и является преобладающей в рудном районе. Отмечается приуроченность интрузивных массивов к области контакта приподнятых блоков и вулканотектонических депрессий или к центральным частям вулканотектонических структур. Существенную роль в локализации золотого оруденения играют упомянутые выше разрывные тектонические нарушения северо-восточного и северо-западного направлений, оперяющие Кузнецко-Алтайский глубинный разлом.

Вулканогенно-терригенные и интрузивные породы подвержены региональной пропилитизации, а также березитизации и лиственитизации.

В пределах Мартайгинского рудного района находятся многочисленные месторождения и рудопроявления золота, составляющие 50% от общего количества золоторудных объектов Кузнецкого Алатау и 60% от объектов россыпного золота. Кроме того, контуры рудного района определяются шлиховыми ореолами золота и шеелита, геохимическими ореолами

золота, вольфрама и серебра, а также гравиметрическими аномалиями.

Модель месторождения золотоскарновой рудной формации. Месторождение является частью рудного поля и размещается непосредственно у контакта интрузива с вмещающими породами (в том числе в останцах кровли) или на некотором удалении от контакта (рис. 2).

В первом случае оруденение локализуется вблизи небольших массивов в участках контакта поверхности интрузий с вмещающими породами. Во втором, основными локализуемыми являются структуры эффузивно-осадочных зон и дорудные зоны межслоевого дробления. Для обоих типов обязательно наличие благоприятных горизонтов карбонатных пород и(или) туфов, а также секущих зон тектонических нарушений, служащих рудораспределяющими структурами [5].

Рудовмещающие породы представлены известняками, алевролитами, песчаниками, базальтовыми порфирами и их туфами, прорванными интрузивами диорит-гранодиоритовой формации.

В золотоносных скарнах оруденение неравномерное. В рудных зонах скарны метасоматически преобразованы. В них широко развиты новообразования граната, кварца, гиперстена, тремолита, кальцита, серицита. В золотоносных скарнах наряду с указанными новообразованиями спорадически присутствуют пирит, халькопирит, сфалерит, висмут, пирротин, галенит, арсенипирит, магнетит, гематит, ковеллин, золото. Рудные минералы образуют редкие тонкие прожилки и рассея-

нную вкрапленность.

Золото в основном образует самостоятельные мелкие <1 мм выделения среди минералов скарнов. Устанавливается тесная ассоциация его с халькопиритом, реже с пирротином. В рудных телах золото распределено крайне неравномерно. Содержания варьируют от первых граммов до нескольких сотен граммов на тонну. Границы рудных тел устанавливаются по данным опробования. Промышленные рудные тела тяготеют к контактовым зонам, часто локализуются в эндоскарнах. Реже золоторудные тела встречаются в скарнах на удалении от интрузивного контакта.

Рудные тела имеют удлиненные линзообразные и лентовидные очертания. Протяженность их по простиранию достигает 50–100 м, мощность 2–3 м. Некоторые из рудных тел устойчиво прослеживаются на глубину более 200 м.

Границы месторождения проводятся по участкам развития скарновых тел вблизи контактов интрузивов с вулканогенно-осадочными породами, осложненных разрывами. При этом учитывается размещение зон кварц-серицитовых, кварц-серицит-карбонатных метасоматитов, золотоносных кварцево-сульфидных прожилково-вкрапленных зон, наличие контрастных геохимических ореолов Au, Pb, Zn, Cu, As, Mo, Bi, W, а также магнитных аномалий и участков аномалий вызванной

поляризации и электрического сопротивления.

Модель месторождения золотосульфидно-кварцевой рудной формации. В качестве примера модели рассматривается Комсомольское золотосульфидно-кварцевое месторождение, расположенное в северной части Комсомольско-Берикульского рудного поля в зоне экзоконтакта гранитоидного массива (рис. 3).

Месторождение размещается в восточном блоке Кузнецко-Алтайского глубинного разлома и приурочено к интрузивному штоку, сложенному габбро, габбро-норитами и диоритами габбро-норитовой формации (см. рис. 3). В пределах интрузивного штока проявлены линзообразные тела и дайки гранитов и аплитов. Вмещающие интрузив породы представлены в восточной части месторождения мраморизованными и скарнированными известняками позднего вендского кембрия, а в западной – базальт-андезитовыми и андезитовыми порфиритами, а также их туфами и туфопесчаниками [3].

На месторождении известно более 150 золотосульфидно-кварцевых жил, приуроченных к системе разрывных тектонических нарушений взбросо-сдвигового характера северо-восточного, северо-западного и субширотного направлений. Падение жил на северо-восток и юго-запад под углами 30–50°. Мощность 0,1–1,0 м, протяженность по простиранию 300–500 м, по падению

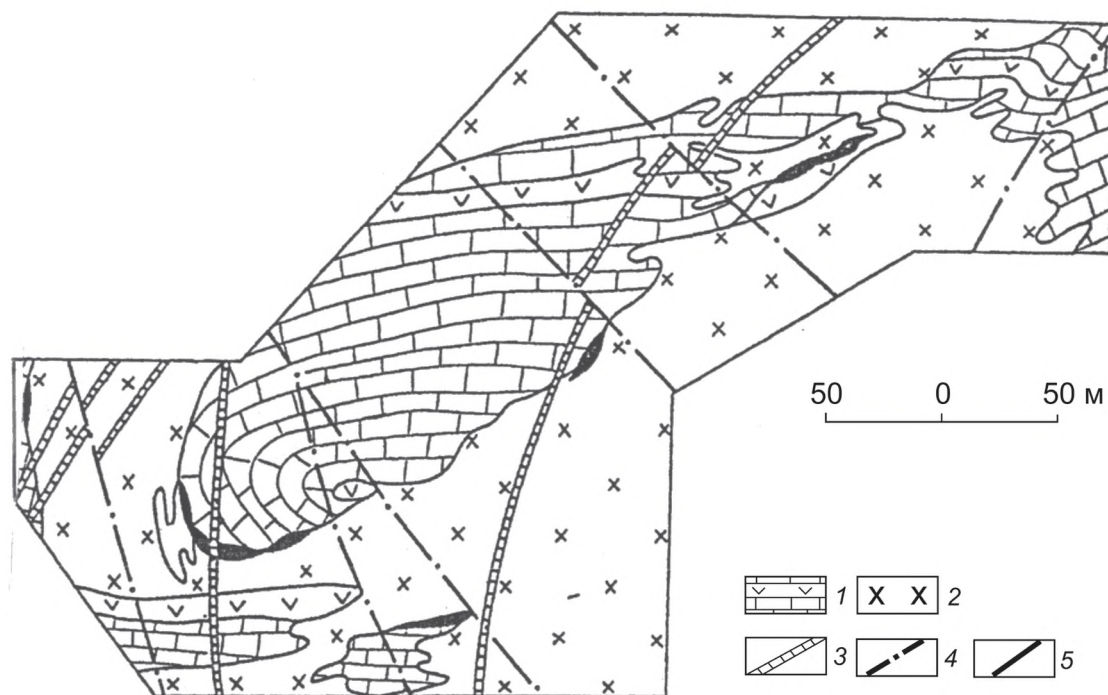


Рис. 2. Схема геологического строения Натальевского месторождения [5]:

1 – известняки, андезитовые порфириды нижнекембрийские; 2 – гранодиориты, диориты мартайгинского комплекса; 3 – меланократовые дайки; 4 – разрывные нарушения; 5 – рудные тела

500–700 м (рис. 4).

Рудные жилы сложены кварцем (90–97%) с незначительным количеством кальцита и анкерита, сульфидами (3–10%) – пиритом, пирротинном, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, арсенопиритом, а также самородным золотом, шеелитом, молибденитом и тетраэдритом. Руды характеризуются полосчатой и брекчиевидной текстурами и формируются в три стадии (от ранней к поздней): 1) шеелит-анкерит-кварцевой, 2) золото-арсенопирит-(пирротин)-кварцевой, 3) золото-халькопирит-сфалерит-галенит-пирит-кварцевой. Содержания золота в рудах колеблются от 1,2 до 35 г/т, достигая в отдельных пробах 150–300 г/т и более.

Характерная особенность состава руд Комсомольского месторождения – отсутствие вертикальной минеральной зональности.

Золотосульфидно-кварцевые жилы на месторождении пересекают габбро, габбро-нориты и диориты Комсомольского штока (E_2), а также граниты и аплиты (O–S) (см. рис. 3). Околорудные метасоматические изменения вмещающих пород проявляются в интервале

0,5–4,0 м от контакта с кварцевыми жилами и соответствуют лиственит-березитовой формации.

Золотосодержащая колчеданно-полиметаллическая рудная формация. Рудный район. Золотосодержащая колчеданно-полиметаллическая рудная формация рассматривается на примере месторождений Салаирского рудного района (табл. 3), который соответствует Урско-Бачатскому блоку, представляющему собой крупную вулканотектоническую структуру, разбитую разрывными тектоническими нарушениями северо-западного и северо-восточного простирания [6]. Блок сложен вулканогенными, вулканогенно-осадочными и карбонатными формациями нижнего кембрия, сформировавшимися на ранней стадии развития островной дуги, и среднекембрийско-раннеордовикскими вулканогенно-осадочным и пестроцветными образованиями поздней стадии ее развития. Стратифицированные толщи прорваны субвулканическими телами риолитов печеркинского комплекса и габбро-диорит-диабазовой ассоциации нерасчлененных вулканических комплексов.

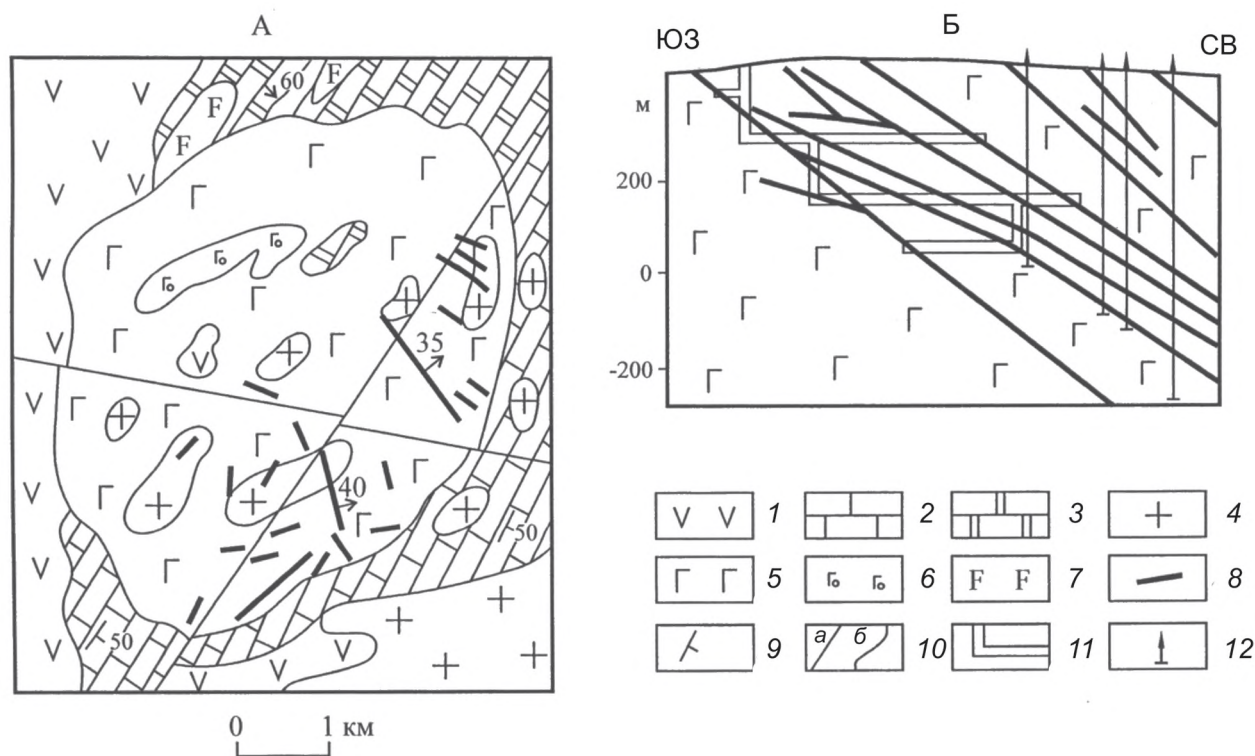


Рис. 3. Геологическая карта (А) и разрез (Б) Комсомольского месторождения [5]:

1 – базальт-андезитовые, андезитовые порфиры, туфы порфиритов, туфопесчаники, E_2 ; 2 – известняки, прослои известковых песчаников, андезит-базальтовых порфиритов, туфов порфиритов, E_1 ; 3 – мраморизованные известняки, доломиты, прослои углеродисто-кремнисто-глинистых, актинолит-хлорит-альбитовых сланцев, андезит-базальтовых, базальтовых порфиритов, V– E_1 ; 4 – граниты, гранитовые аплиты, аплиты, O–S; габбро, E_2 ; 5 – пироксен-амфиболовое и 6 – оливковое; 7 – габбро, габбро-диабазы, диабазы, диабазовые, диоритовые порфиры, V– E_1 ; 8 – золотоносные кварцевые жилы; 9 – элементы залегания; 10 – разломы (а), геологические границы (б); горные выработки: 11 – шахты, 12 – колонковые скважины

Породы, слагающие вулканотектоническую структуру, относятся к печеркинской свите нижнего кембрия. Они представлены лавами риолитового, дацитового и андезит-дацитового составов, порфиритами и их туфами с линзами и прослоями туфогенных песчаников, известково-глинистых и углисто-глинистых сланцев и известняков. По петрохимическому составу вулканыты печеркинского комплекса образуют непрерывную серию от базальтоидной до риолитоидной группы и в целом относятся к низкощелочным, высоконатровым среднеглиноземистым железо-магниевым разностям, соответствующим последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации.

Вулканогенно-осадочные породы подвержены интенсивному поствулканическому метасоматозу пропилит-березитового типа, а также рассланцеванию вдоль разломов северо-западного и северо-восточного направлений. Пликативные дислокации носят в основном приразломный характер. Рудовмещающие вулканогенно-осадочные отложения печеркинской свиты

подстилаются карбонатными толщами (нижнекембрийскими известняками гавриловской свиты) и перекрываются карбонатными породами анчешевской свиты, включающей, кроме известняков, еще и кремнисто-глинистые и глинистые сланцы, тефроида с прослоями туфов преимущественно кислого и среднего составов [3].

С образованиями печеркинского комплекса (базальт-андезит-дацит-риолитового состава) пространственно и генетически связаны золотосодержащие колчеданно-полиметаллические месторождения Салаира.

Модель месторождения золотосодержащей колчеданно-полиметаллической формации. В качестве модели месторождения указанного типа рассматривается Самойловское месторождение, расположенное в пределах Урского рудного поля (см. рис. 4). Оно представлено сложной рудной зоной шириной около 50 м, в пределах которой выделяется 4 основных и несколько более мелких маломощных (до 15 м), но протяженных в плане лентообразных рудных тел. Максимальная глуби-

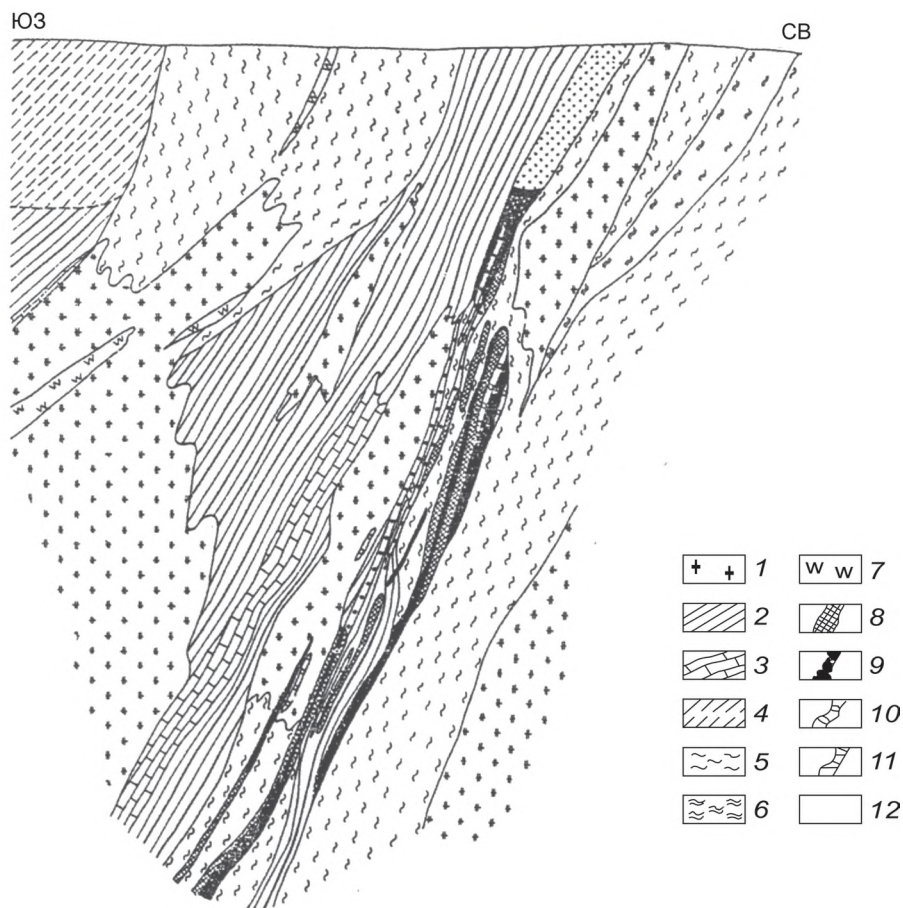


Рис. 4. Геологический разрез Самойловского месторождения. Составил А.Н.Гейдар по материалам Урской партии ЗСГУ [2]:

1 – кварцевые порфиры, порфиroidы; 2 – углисто-графитовые сланцы; 3 – мраморизованные известняки; 4 – пестроцветные глины (область приконтактового карста); сланцы: 5 – кварц-серицитовые и 6 – кварц-хлоритовые и хлорит-серицитовые; 7 – гидротермальные кварциты; руды: 8 – серноколчеданные и 9 – золотоносные полиметаллические; минерализация: 10 – вкрапленная колчеданная и 11 – вкрапленная полиметаллическая; 12 – окисленные руды

3. Прогнозно-поисковая модель рудного района золотосодержащей колчеданно-полиметаллической формации

Элементы модели	Рудный район
1. Геотектоническая позиция	Раннекаледонский бассейн с предостроводужной и островодужной геодинамическими обстановками
2. Формационные	
2.1. Рудовмещающая формация	Базальт-андезит-дацит-риолитовая формация толеитовой серии
2.2. Перекрывающая формация	Осадочная песчано-глинистая с прослоями туфов и магматитов риолит-трахибазальтового состава
2.3. Подстилающая формация	Офиолитовая
3. Магматические	Магматические образования базальт-дацит-риолитовой формации
4. Структурные	
4.1. Рудоносные структуры	Вулканотектоническая постройка, к центральной части которой приурочен субвулканический массив плагιοгранитов
5. Метасоматические изменения пород	Кварцево-серицит-хлоритовые метасоматиты (пропилиты, березиты)
6. Минералогические	Россыпная и шлиховая золотоносность, жильно-прожилковые золотоносные образования
7. Геохимические	Геохимические ореолы свинца, цинка, меди, золота, серебра
8. Геофизические	Положительные гравиметрические аномалии, отвечающие прижерловой фации палеовулкана; знакопеременное аэромагнитное поле в осевой части вулканотектонической структуры
9. Примеры месторождений	Кварцитовая Сопка, Ново-Урское, Самойловское

на подсечения руд около 600 м, причем большинство из них «слепые» и лишь одно, наиболее крупное, выходит на поверхность (см. рис. 4). Простирается его 338°, падение юго-западное под углом 70°.

Руды преимущественно массивные и прожилково-вкрапленные, по составу медно-колчеданные и колчеданно-медно-цинковые. Главные рудные минералы: пирит, сфалерит, халькопирит; второстепенные: галенит, арсенопирит, блёклые руды, золото, алтаит. Разведанные запасы руд категории А+В+С₁ – 2264 тыс. т; С₂ – 722 тыс. т при средних содержаниях основных компонентов (в %): Zn 5,5; Cu 1,56; Ba 4,13; Cd 0,018; Se 0,012; Te 0,007.

Распределение золота и серебра по месторождению неравномерное. Практически все запасы благородных металлов сосредоточены в одном рудном столбе второй линзы. Протяженность его по простиранию 75 м, по падению >250 м, мощность 18 м. Среднее содержание в баритовой сыпучке (в г/т): Au 0,722 и Ag 29,65.

В целом для месторождений золотосодержащей колчеданно-полиметаллической рудной формации Урского и Салаирского рудных полей выявлен ряд особенностей:

рудовмещающая пачка пород сложена переслаиваемыми туфами, туффитами, углисто-глинистыми сланцами, в меньшей степени эффузивами кислого и основного составов; петрохимический состав вулканитов отвечает последовательной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации;

месторождения приурочены к локальным палео-депрессиям или экстрезивным куполам, являющимся осложнениями более крупных вулканотектонических структур;

рудные залежи приурочены к зонам интенсивного расщепления и трещиноватости пород;

наличие ореолов гидротермального изменения, сопровождающих рудные тела и представленных кварц-серицитовыми, кварц-серицит-хлоритовыми породами и метасоматическими кварцитами;

преобладающая линзовидная форма рудных тел с достаточно четкими границами руд и вмещающих пород;

значительная протяженность рудных тел по простиранию и на глубину при относительно небольшой мощности;

крутое падение рудных тел под углами 55–65° согласно с основной системой сланцеватости рудовмещающих пород;

характерное кулисообразное расположение в плане рудных тел в пределах отдельных месторождений;

небольшой эрозионный срез рудных тел, наличие значительного количества рудных залежей, не выходящих на поверхность;

близкий минеральный состав рудных тел, формирование руд в три стадии: серноколчеданную, барит-сульфидно-полиметаллическую с золотом и кварц-карбонатную; наличие массивных и прожилково-вкрапленных текстур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беневольский Б.И., Блинова Б.И., Бражник А.В. и др. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Вып. «Золото». – М.: ЦНИГРИ, 2002.
2. Константинов М.М., Нарсеев В.А. Многофакторные прогнозно-поисковые модели золоторудных месторождений. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
3. Константинов М.М., Шаров Г.Н. Геологическое строение и поисковые признаки месторождений золота в основных геотектонических обстановках. Атлас. Кн. 1. – Москва–Кемерово, 2002.
4. Новожилов Ю.Н., Гаврилов А.А. Золотосульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 1999.
5. Прогнозирование и поиски месторождений золота // Под ред. В.А.Нарсеева, Н.К.Курбанова. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
6. Пространственные металлогенические таксоны. Серия «Модели месторождений алмазов, благородных и цветных металлов». Справочное пособие // Под ред. А.И.Кривцова и Г.В.Ручкина. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
7. Филатов Е.И., Ширай Е.П. Формационный анализ рудных месторождений. – М.: Недра, 1988.

Модель формирования магнезит-гидромагнезитовых залежей в Оренбургской области

Т.А.ЩЕРБАКОВА (Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых» (ФГУП «ЦНИИГеолнеруд»); 420097, г. Казань, ул. Зинина, д. 4)

Создана прогнозно-поисковая модель магнезит-гидромагнезитовых руд на Халиловской перспективной площади в Оренбургской области. Модель включает весь процесс магнезитообразования: от источника высокомагнезиальных карбонатов, миграционные пути до бассейна аккумуляции рудного материала.

Ключевые слова: магнезит, гидромагнезит, прогнозно-поисковый, модель, серпентинит, кайнозой, кора выветривания, Оренбургская область.

Щербакова Татьяна Анатольевна, root@geolnerud.net

Model of form of magnesite-hydromagnesite deposits in Orenburg region

T.A.SHCHERBAKOVA

The forecast-search model of magnesite-hydromagnesite ores up on the Khalilovo perspective area of Orenburg region. This model are included the process of magnesiteform: from source, migrative ways to basin of accumulation of ore material.

Key words: Magnesite, hydromagnesite, forecast-search, model, serpentinite, Cenozoic, weathering erosion, Orenburg region.

Кайнозойские месторождения магнезита за рубежом выявлены с начала прошлого века, а на рубеже 1970-х годов начался новый этап в исследованиях магнезитоносных кайнозойских отложений в связи с открытием целого ряда месторождений континентально-озерного типа – месторождения магнезита Бела Стена, Бель Камень, Илиньяча и других, расположенных в долине р. Ибар (Сербия), Реденсион на Кубе в провинции Камагуэй, лагуны Куронг в южной части и группа месторождений в штате Квинсленд в северо-восточной части Австралии, магнезитоносных толщ Македонии (месторождения Сербия и Аяни) в Северной Греции и другие [2, 5].

На основе литературных данных по зарубежным месторождениям и результатов исследований автора на озере Салда (Турция) создана генерализованная модель магнезитообразования в терригенно-карбонатных кайнозойских комплексах озерных и речных фаций [3, 4]. Особенностью размещения кайнозойских магнезитоносных отложений является их пространственная и генетическая связь с ультраосновными массивами (месторождения осадочного типа располагаются или вблизи них, или непосредственно на них). В процессе серпентинизации гипербазитовых пород формируются зоны карбонатизации по серпентинитам с образованием группы магнезиальных карбонатов – магнезит, гидромагнезит, пироаурит, несквегонит, хантит и другие, формирование которых проходит в щелочной среде. Транспортировка магнезита от источника до бассейна рудонакопления может проходить двумя способами: поверхностным и подземным [1].

Поверхностная транспортировка магнезитового вещества связана с водными потоками: постоянными (речная сеть) и временными (сезонные и суточные осадки). При этом идет перенос терригенного материала, содержащего гипергенный магнезит и формирование кластогенного типа месторождений магнезита среди кайнозойских комплексов.

Подземная транспортировка магнезиального вещества связана с химическими процессами, при которых идет перенос рудного вещества в магний-ионной форме водной средой самого разного происхождения (неглубокие Са-Mg бикарбонатные подземные воды и холодные метеорные воды, обогащенные ионами Mg) с последующей аккумуляцией в благоприятных условиях мелководных озер и формирование хемогенных месторождений магнезита в кайнозойских комплексах. Бассейн аккумуляции, как заключительный этап в общей схеме кайнозойского магнезитообразования, представляет собой континентальную депрессионную структуру низкого порядка, к которой можно отнести межгорные тектонические впадины и прогибы, или опущенные тектонические блоки и прочие изолированные структуры [1]. Рудные тела внутри структуры строго приурочены к периферийным частям, наиболее приближенным к потенциальному источнику магнезиального материала. Процесс осадконакопления проходит в условиях озерных и речных фаций. Минеральный состав рудной массы не отличается большим разнообразием: основную часть составляет магнезит или гидромагнезит, реже – гунтит (хантит), в подчиненном количестве – магнезиальные

карбонаты (несквегонит, гидроталькит, пироаурит), прочие минералы – кальцит, арагонит, лизардит, нонтронит, оксиды и гидроксиды железа, хлорит.

На территории России месторождений данного геолого-промышленного типа нет. Однако, на основании разработанных прогнозно-поисковых критериев выделены перспективные площади для их обнаружения. К числу подобных перспективных объектов с выявленными магнезит-гидромагнезитовыми залежами относится Халиловская магнезитоносная площадь.

Перспективность площади на кайнозойский магнезит-гидромагнезит установлена при проведении ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» мелкокомасштабных минералогических исследований в 2011–2013 гг. в рамках госконтрактов № ВБ-04-34/37 «Оценка перспектив освоения минерально-сырьевого потенциала нерудных полезных ископаемых для обеспечения нефтегазового и металлургического комплексов», № АП-72/2 «Разработка инвестиционных проектов геологического изучения перспективных объектов нерудных полезных ископаемых в пределах первоочередных минерально-сырьевых центров экономического развития».

В Гайском районе Оренбургской области Приволжского федерального округа находится Халиловский ультрабазитовый массив площадью до 260 км², сложенный в основном апоперидотитовыми серпентинитами среднепалеозойского возраста. Массив имеет субмеридианальное простирание и крутое преимущественно восточное падение.

Исследования показали на развитие коры выветривания площадного типа с выявлением полного профиля гипергенеза по серпентинитам и выделением зон (сверху-вниз): нонтронитизированных серпентинитов, силицитизированных серпентинитов, карбонатизированных серпентинитов и выветрелых серпентинитов с подстилающими скальными серпентинитами в основании.

Полный профиль коры выветривания в центральной и южной частях массива проявляется не повсеместно, эпизодически отсутствуют зоны охр, нонтронитизированных и силицитизированных серпентинитов, которые вскрыты денудацией и эрозией.

На Халиловском массиве одним из наиболее перспективных на магнезит-гидромагнезитовое оруденение является Центрально-Халиловский участок, расположенный в средней части серпентинитового массива, в бассейне р. Губерля (левобережье, среднее течение). Объект представляет ряд межгорных речных долин (впадин), хорошо выработанных процессами дезинтеграции и денудации, в результате которых развиты голоценовые делювиальные и аллювиальные отложения на дне (ложе) структур. Борты долин сложены преимущественно выветрелыми и карбонатизированными серпентинитами. Проведены аналитические работы по определению минералогического, химического, гранулометрического, спектрального, ли-

тологического составов перспективных магнезит-гидромагнезитоносных отложений кор выветривания серпентинитов и континентальных депрессий вблизи массива.

По условиям и закономерностям локализации высокомагнезиальнокарбонатных комплексов создана прогнозно-поисковая модель (рис. 1), отражающая генетические аспекты формирования трех геолого-промышленных типов магнезит-гидромагнезитовых руд.

Аморфные магнезиты занимают апикальные части водоразделов, представленные зоной карбонатизированных серпентинитов. Текстурные особенности серпентинитов в данной зоне представлены особенностями распределения магнезитовых агрегатов: мелко-тонко прожилковатых (параллельно и перпендикулярно), гнездовидных, жилообразных, штокверковых. В основной массе, представленной серпентинитом (лизардит, хризотил от 57 до 100%), выделяются карбонатные агрегаты, преимущественно магнезитового состава от первых процентов до 25%. Видимая мощность этой зоны изменяется от 2 до 15 м. Минимальные значения обусловлены развитием участков дезинтеграции карбонатсодержащих серпентинитов, на которых происходит естественное обогащение магнезита за счет интенсивного распада и выноса серпентинита (механически менее стойкого, чем почковидные плотные агрегаты аморфного магнезита). Обогащение магнезита достигает 80%. На севере Центрально-Халиловского участка магнезитоносные серпентиниты с участками естественного обогащения (радиусом до 12 м) составляют до 10 выходов на единицу площади (100×100 м).

Среди основной массы серпентинитов отмечается чередование рудных интервалов (серпентиниты насыщены агрегатами магнезитов) и безрудных, где карбонаты отсутствуют полностью. Макро- и микроскопические исследования взаимоотношений серпентинитов и магнезитов позволили выделить схему минералообразования: по основной массе серпентинита развита микротрещиноватость, сложенная опаловидным серпофитом, затем наложенная ромбоидальная система трещин выполнена голубовато-зеленым волокнистым серпофитом второй генерации и в последнюю стадию развиваются карбонатные агрегаты (магнезит и др.) (рис. 2).

Дисперсные гидромагнезиты приурочены к зоне выветрелых серпентинитов и развиты по бортам долин (впадин), занимая их нижние и средние уровни по склонам. Зона выветрелых серпентинитов сложена породами зеленовато-серого цвета, трещиноватыми, массивной, однородной текстуры. Степень выветривания разная, и серпентиниты отличаются по физико-механическому состоянию – от крепких и полускальных в погребенных позициях, до сыпучих и дезинтегрированных, выходящих на дневную поверхность. По микро- и макротрещинам эпизодически развит волокнистый серпентинит – серпофит, но в целом

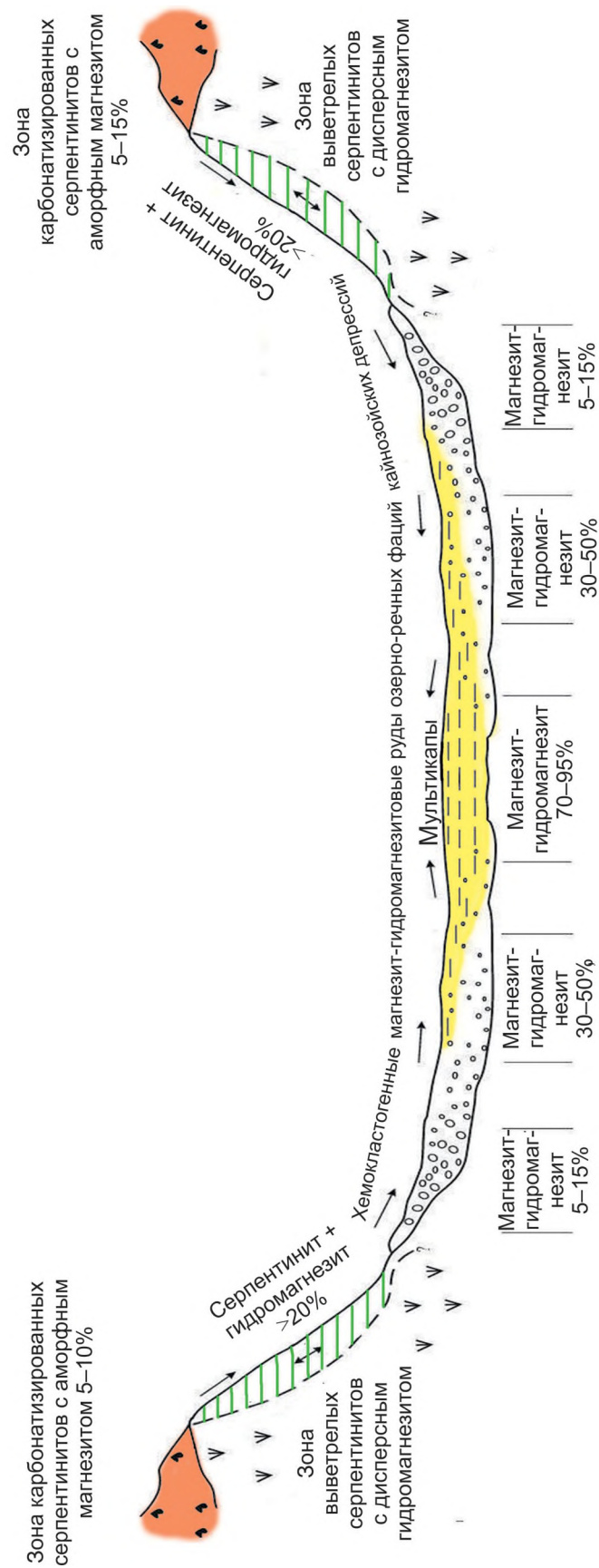


Рис. 1. Прогнозно-поисковая модель магнетит-гидромагнетитовых руд на Халиловской площади

трещины пустотелые, проточные, с охристыми налетами на отдельных участках. Серпентиниты этой зоны характеризуются постоянством минерального состава, при содержании основной серпентинитовой фазы (хризотил и лизардит) 95–98% с незначительными примесями хлорита, глинистых минералов или талька. На вскрытых эрозионным уровнем склоновых элементах долин по выветрелым серпентинитам выделяются участки (области), которые имеют внешние специфические особенности и проявления микробиологической деятельности, способствующей формированию новообразованных минералов (магнезиальных карбонатов). Микробиологическая активность по серпентинитовому субстрату приводит к деструкции алюмосиликатных и силикатных минеральных соединений. В результате чего образуется свободный магний, который связывается с оксидом углерода (продукт жизне-

деятельности микроорганизмов), формируя группу магнезиальных карбонатов – гидромагnezит, гидроталькит. Размер биозон варьирует от 30×30 до 170×50 м. Пространственно они имеют определенную приуроченность – среди выветрелых серпентинитов (гипсометрически под зоной карбонатизированных серпентинитов по профилю коры выветривания). Визуально содержание гидромагnezита определяется в 25–30%. Гидромагnezит в виде тонкодисперсного белого порошка образует пойкилитовые прожилки, комочки до 2 мм и рассеянное состояние в основной массе дезинтегрированных серпентинитов (рис. 3).

В процессе карбонатообразования в условиях зоны гипергенеза серпентинитовых массивов и осадочных аккумулятивных континентальных структур одну из главных функций выполняет микробиологическая деятельность, от активности которой зависит скорость

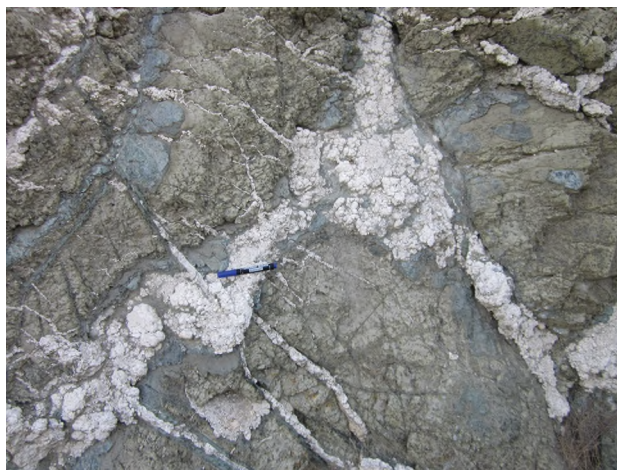


Рис. 2. Взаимоотношение агрегатов магнезита (белые) и вмещающих серпентинитов (серые)

А

Б



Рис. 3. Дисперсный гидромагnezит в зоне микробиологической активности:

А – развитие биозон в долине р. Кундзак; Б – комковатые и пойкилитовые текстуры гидромагnezита

и степень формирования карбонатных минералов. Процесс биоминерализации в естественной среде на магниеносных объектах проходит в условиях аэробной (воздушная и сухая) и субаквальной (переменно-водная и воздушная) среды, щелочного баланса с рН от 8,5 до 9,0, с переменным положительным температурным режимом (20–40°C) и развитием микробиологических колоний группы гетеротрофов, способствующих расщеплению неорганических соединений [2].

Миграция продуктов выветривания в аккумуляционные депрессионные структуры происходит за счет водных потоков как поверхностных, так и подземных. Химический анализ этих вод показал их гидрокарбонат-магниевый состав, где из катионов отмечается значительное преобладание магния до 111,9 мг/л по отношению к другим элементам, а из анионов – гидрокарбонат до 518,67 мг/л с меньшим значением хлорид-радикала до 15,13%. Активность поверхностных водных потоков отмечается повсеместно по зонам микробиологической деятельности, где образуются шлейфы мигрирующего материала (мелкообломочного серпентинита и глинисто-фракционированного гидромагнезита и гидроталькита). На водоразделах, сложенных выветрелым серпентинитом без биозон, а на поверхностях их склонов – дресвой серпентинита, задернованной травяной растительностью, внешних проявлений поверхностных потоков не выявлено. Полевые исследования показали, что здесь миграция терригенного материала имеет площадной характер с мало активным смывом.

Исследуя поверхностные потоки-шлейфы от подножия водоразделов с развитыми биозонами по латерали до мультикап, где концентрируются высокомагнезиальные карбонаты, должно отметить постепенный переход литологических разностей. В начале пути (эта часть переменная и зависит от масштабов биопроцессов и гидродинамики потоков) в разрезе преобладают обломочно-гравийные серпентиниты (размер обломков до 5 см), содержание которых составляет от 80 до 90%, а остальное приходится на карбонаты, кремнистые минералы, оксиды и гидроксиды железа и др. В средней части миграционной линии доля серпентинитовой составляющей сокращается до 60%, при этом размерность терригенного материала уменьшается до 2 см. Доля карбонатов возрастает до 50%, создавая матрикс обломочной части в совокупности с песчано-глинистой фракцией дезинтегрированных серпентинитов. Далее по ходу миграции такая тенденция сохраняется. Конечный пункт переноса терригенно-карбонатного материала – мультикапы, в которых литологические разности представлены преимущественно гидромагнезитовым мергелем светло-серого и белого цвета (70–95%) (см. рис. 1).

Электронномикроскопические исследования (РЭМ и ПЭМ) структурных особенностей гидромагнезита и гидроталькита показали хлопьевидные и чешуй-

чатые морфологические формы данного минерала, что объясняет их мобильность в водном потоке и способность перемещаться на дальние расстояния. Таким образом, сортировка терригенно-карбонатного материала по миграционному пути проходила по гидродинамическому, гравитационному и морфологическому факторам.

Подземные потоки имеют гидрокарбонат-магниевый химический состав с локально повышенным хлорид-радикалом. В пределах описываемых долин в центральной части Халиловского серпентинитового массива отмечается подземное родниковое питание сезонных рек, ручьев, озер и заболоченных участков. Родники расположены в придонной (пойменной) части долин (Тулямет, Нижний Кундузак, Изолированная и др.), и реже на нижних участках склонов по бортам долин (Верхний Кундузак, Тати и др.). Сезонные озерно-речные водоемы имеют малые глубины: от нескольких сантиметров до 1,3 м, что позволяет им прогреваться на дневной поверхности. Смена температурного режима родниковых потоков (от холодного подземного до теплого поверхностного) способствует осаждению высокомагнезиальных карбонатов (гидромагнезит, гидроталькит, магнезит) из минерализованных гидрокарбонатно-магневых вод. При высыхании сезонных эффемеральных озер (июнь–август) на поверхности отмечаются пылевидные осадки белого цвета с минеральной фазой – гидромагнезит (образцы Х-51-2, Х-3-4), которые под действием летнего палящего солнца образуют на поверхности трещины усыхания – такры (рис. 4).

В аккумуляции гидромагнезитовых мергелей участвуют как механическое терригенно-карбонатное накопление, так и химическое осаждение из минерализованных подземных растворов. В пределах долин мультикапы занимают наиболее пониженные участки, при-



Рис. 4. Химически осажденные гидромагнезитовые налеты на дне высохшего озера

уроченные к определенным повременным этапам формирования элементов осадочного бассейна (надпойменные и пойменные террасы, излучины рек и притоков др.).

Магнезит-гидромагнезитовый мергель образует тела линейно вытянутые и чашеподобные, размером несколько сотен метров (200–400×500–750 м и 150–300 м в диаметре) с горизонтальным залеганием. Магнезит-гидромагнезитовый мергель беловато-серого, светло-серого и серого цветов, скрытокристаллической структуры, сланцеватоподобной текстуры, напоминающей «халву». Параметры магнезитоносных голоценовых отложений по долинам: ширина 400–500–700 и длина 1500–2000 м.

Плотная, однородная масса имеет однотипный минеральный состав с переменным количественным соотношением (в %): гидромагнезит (2–87), гидроталькит (1–7), магнезит (3–71), серпентинит (9–75), кварц (0–3). По физико-механическим свойствам – это рыхлые отложения, легко растирающиеся вручную, в абсолютно сухом состоянии – пористые (прилипают к языку), сыпучие и расслаивающиеся, в увлажненном – пластичные, глиноподобные.

Гранулометрические исследования показали доминирующее присутствие алевро-глинистой фракции (до 99%), которая представлена на 60–70% высокомагнезиальными карбонатами. Эти показания прямо влияют на выбор способа обогащения рудного материала.

Исходя из сказанного, надо отметить, что развитие мультикап как рудоносных тел имеет свои закономерности, в определении которых участвуют многие факторы физико-химических, динамических и биологических процессов. Создавая генетическую модель магнезитообразования в кайнозойских комплексах, следует учитывать условия и закономерности этого процесса на каждом отдельном геологическом объекте, и при одинаковых параметрах, можно выявить некоторые нюансы, что дополнит и расширит прогнозно-поисковые модели разных минерогенических рангов.

Прогнозная оценка Халиловской площади на основании установленных критериев и поисковых признаков предполагает наличие аморфных магнезитов в зоне карбонатизированных серпентинитов, дисперсных гидромагнезитов в зоне выветрелых серпентинитов коры выветривания, а также магнезит-гидромагнезитовых тел в кайнозойских отложениях речных и озерных фаций вблизи серпентинитового массива.

Целесообразность дальнейшего геологического изучения объекта на стадиях поисковых, оценочных и разведочных работ определяют факторы, показывающие положительные параметры оруденения:

рудные тела всех трех типов магнезит-гидромагнезитовых руд имеют приповерхностное залегание, где отсутствует даже почвенный слой, что благоприятно для открытого способа разработки;

высоко развитая инфраструктура площади, наличие региональной автотрассы, железнодорожных путей, ЛЭП, трудовых ресурсов;

прогнозные ресурсы приближены к промышленным запасам ввиду их прямых расчетов по параметрам рудных залежей; разработка всех трех типов магнезит-гидромагнезитовых руд одним циклом позволит увеличить промышленную значимость объекта;

территория разработки не является природоохраняемым объектом и не занята сельскохозяйственными угодьями;

изучение рассматриваемого объекта с целью промышленного освоения соответствует целям и планам, предусмотренным программами территориального и социально-экономического развития Оренбургской области и Гайского района;

укрупненные технико-экономические показатели освоения Центрально-Халиловского участка Халиловской площади на магнезит-гидромагнезит при заданных объемах добычи и производства, капитальных вложений и эксплуатационных затрат, необходимых для добычи сырья позволяет говорить об инвестиционной привлекательности объекта, что связано с интересом металлургической промышленности к новым видам минерального сырья для производства широкого спектра огнеупоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шевелев А.И., Щербакова Т.А.* Геологическое строение и локализация кайнозойских магнезитов // Высокомагнезиальное минеральное сырье. – М.: Наука, 1991. С. 153–157.
2. *Щербакова Т.А.* Условия и закономерности магнезито-накопления в терригенно-карбонатных кайнозойских комплексах // Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Казань, 2007.
3. *Щербакова Т.А., Шевелев А.И.* Заявка 2014 138908 Российская Федерация, МПК G01V9/00 (2014.01). Способ прогноза и поисков хемокластогенных магнезитов в кайнозойских депрессионных структурах (Текст). Заявитель ФГУП ЦНИИГеолнеруд. Заявление. 25.09.2014 г.
4. *Щербакова Т.А., Шевелев А.И.* Перспективы выявления месторождений кайнозойских магнезитов в России // Разведка и охрана недр. 2010. № 3. С. 22–25.
5. *Schmid H.* Turkey's Salda Lake. A genetic model for Australia's newly discovered magnesite deposits // Industrial Minerals. 1987. № 239. Pp. 19–31.

Особенности структурно-формационного формирования верхнепалеозойских алмазонасных отложений

Н.Н.ЗИНЧУК (Западно-Якутский научный центр Академии наук Республики Саха (Якутия) (ЗЯНЦ АН РС (Я)); 678170, г. Мирный, Чернышевское шоссе, 16)

На основании детального изучения структурно-формационных особенностей формирования верхнедевонско-каменноугольных кор выветривания (КВ) на терригенно-карбонатных породах, кимберлитах и отложениях, обогащенных продуктами их переотложения, восстановлены специфические особенности образования продуктивных горизонтов верхнего палеозоя основных алмазонасных районов Сибирской платформы. В их пределах выделены площади, благоприятные для формирования и сохранения ореолов рассеяния кимберлитового (в том числе алмазонасного) материала.

Ключевые слова: коры выветривания, верхнепалеозойские осадочные толщи, алмазонасные районы, Сибирская платформа, алмазонасные россыпи.

Зинчук Николай Николаевич, nnzinchuk@rambler.ru

Specific features of structural-formation generation upper Paleozoic of ancient diamondiferous deposits

N.N.ZINCHUK

Basing on detailed research of structural-formation generation features of Upper Devonian-Carboniferous crusts of weathering on terrigenous-carbonate rocks, kimberlites, and deposits enriched by products of their redeposition specific features of Upper Paleozoic productive horizons' generation of the main diamondiferous regions of the Siberian platform were restored, and then, favorable for generation and preservation of kimberlite (including diamondiferous) material dispersion haloes areas were distinguished within them.

Key words: crusts of weathering, Upper Paleozoic sedimentary thick layers, diamondiferous regions, Siberian platform, diamondiferous placers.

Рассматриваемая территория охватывает Малоботуобинский алмазонасный район и сопредельные площади, которые в структурном отношении находятся [1–5, 7–9] в пределах крупной и древней (дофанерозойского заложения) структуры Сибирской платформы (СП) – Непско-Ботуобинской антеклизы, её северо-восточного окончания – Ботуобинского сводового поднятия, на которое с северо-западной стороны наложилось юго-восточное крыло Тунгусской верхнепалеозойской синеклизы, а с юго-восточной – Ангара-Вилюйский мезозойский прогиб. Сводовая часть Мирнинского поднятия являлась границей раздела верхнепалеозойского и мезозойского осадконакопления в виде так называемой структурной террасы – полосы шириной 25–30 км, протягивающейся в северо-восточном направлении через весь регион (рисунки 1 и 2). Причем верхние горизонты верхнепалеозойских и мезозойских отложений частично перекрывали и эту структурную террасу, а их полные разрезы устанавливаются за её пределами и в долинах древних палеоводотоков, бравших начало в сводовой части Ботуобинского поднятия. В Малоботуобинском районе открыто семь кимберлитовых трубок (Мир, Спутник, Дачная, имени XXIII съезда КПСС, Интернациональ-

ная, Амакинская, включающая два тела – Южное и Северное) и Таежная, две самостоятельные кимберлитовые дайки (Ан-21 и Южная) и ряд сопряженных с трубками даек кимберлитов (например, у трубки Интернациональная установлено десять таких даек). В этом районе обнаружены [1, 2, 8, 12–14] пока единственные на Сибирской платформе россыпи алмазов промышленного значения, приуроченные к терригенным отложениям верхнего палеозоя (россыпи Восточная и Западная) и мезозоя (россыпи Водораздельные галечники, Дачная-I, Глубокая, Новинка, Геофизическая и Солур), а также россыпепроявления алмазов позднепалеозойского и мезозойского возрастов. Кимберлитовые трубки Мир, Спутник, Амакинская выходят на современную дневную поверхность, а остальные кимберлитовые тела и частично диатрема Таежная перекрыты мезозойскими образованиями. Кимберлитовые трубки под верхнепалеозойскими осадками здесь до сих пор не обнаружены, хотя перспективы их установления имеются. В региональном плане все открытые в районе месторождения алмазов находятся [3] в сводовой части Ботуобинского поднятия, то есть в пределах структурной террасы или в верхних частях её склона. В настоящее время

в Малоботуобинском районе осуществляется оценка остаточных перспектив алмазоносности с целью восполнения сырьевой базы для алмазодобывающих предприятий, действующих здесь более 50 лет. Поисковые работы проводятся на отдельных перспективных участках, где широко развиты перекрывающие средне-палеозойские кимберлитовые тела, продуктивные на алмазы терригенные отложения верхнего палеозоя и мезозоя, поскольку открытые площади, на которых кимберлитовмещающие терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя выходят на дневную поверхность, уже детально изучены. В результате проведенных в разное время алмазопроисловых работ в пределах развития образований верхнего палеозоя района установлены ореолы рассеяния индикаторных минералов

кимберлитов (ИМК), которые зачастую территориально оторваны от известных кимберлитовых тел и характеризуются некоторыми специфическими особенностями [1, 14], то есть претерпели неоднократно-кратный перемыв и переотложение. Все это затрудняет поиски по ним их коренных источников. Осложняющим фактором при поисках кимберлитовых трубок на закрытых площадях района является и отсутствие ореолов рассеяния ИМК вблизи и непосредственно над ними, а также слабая намагниченность кимберлитов некоторых тел (трубки имени XXIII съезда КПСС, Интернациональная и, особенно, Ботубинская и Нюрбинская).

Для восстановления путей миграции этих ореолов и определения предполагаемых областей их сноса необходимо исследование структурно-формационных

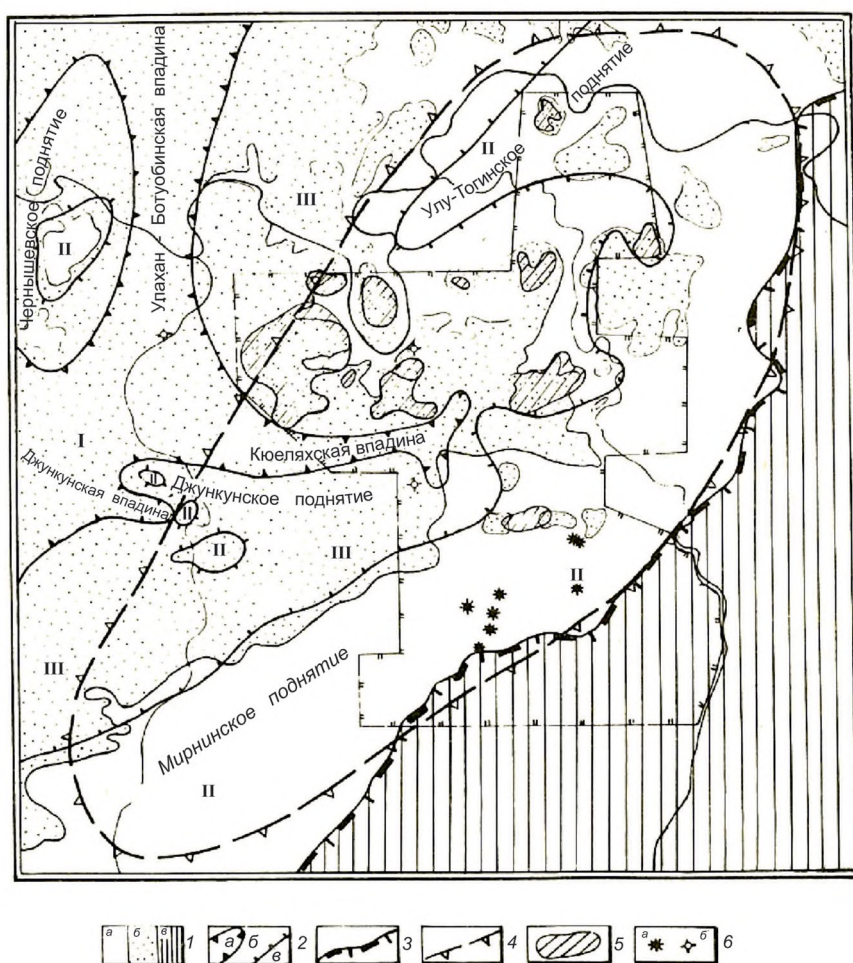


Рис. 1. Карта поверхностей позднедевонско-раннекаменноугольного выравнивания и кор Малоботубинского района:

1 – поверхности выравнивания и развитые на них коры выветривания верхнего девона–нижнего карбона: а – частично уничтоженные и перекрытые верхнепалеозойскими отложениями, б – отпрепарированные и в значительной степени уничтоженные более поздними денудационными процессами, в – полностью уничтоженные в период дорэзского среза территории в пределах центральной части Ангаро-Вилуйского прогиба; 2 – площади, территориально совпадающие с конседиментационными палеовпадинами, а также с верхними и нижними частями конседиментационных палеоподнятий, в пределах которых условия для развития и сохранения КВ и продуктов их ближнего переотложения были: а – неблагоприятные (I), б – благоприятные (II) и в – весьма благоприятные (III); граница: 3 – северо-западная центральной части Ангаро-Вилуйского прогиба, 4 – Нижне-Ботубинского неотектонического поднятия; 5 – поля развития КВ на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя; 6 – трубки взрыва: а – кимберлитов, б – трапповых пород; выделенный контур – площади первоочередных алмазопроисловых работ

и генетических особенностей формирования продуктивных на алмазы отложений верхнего палеозоя. При этом важным является достоверное расчленение и восстановление условий формирования рассматриваемых осадочных толщ, а также развитие процессов корообразования, предшествовавших накоплению данных отложений, и их сохранность в последующие этапы геологической истории. То есть определяющими в этом отношении являются структурно-тектонические особенности региона до, во время и после формирования рассматриваемых продуктивных толщ верхнего палеозоя. Эти отложения представлены тремя свитами: лапчанской, ботуобинской и боруллойской, средне-позднекаменноугольного, ранне- и позднепермского возрастов. *Лапчанская свита* ($C_{2-3}I$) сложена темно-серыми глинами и алевролитами с прослоями песков общей мощностью 20–25 м. В нижней части разреза иногда появляются прослои и линзы гравелитов, галечников и брекчий мощностью до 1 м. В составе местного обломочного материала щебень (до 10 см) терригенно-карбонатных пород, галька (до 3 см) кремней и окрем-

нелых известняков, а чуждого – редкая мелкая хорошо окатанная галька кварца и кварцитов [4, 7, 12–13]. *Ботуобинская свита* (P_1bt) сложена песками (песчаниками) зеленовато-серыми полимиктовыми и углистыми алевролитами с подчиненным развитием галечников и аргиллитов общей мощностью до 70–95 м. Пески и алевролиты образуют два мезоритма, отвечающие двум подсвитам. Залегает свита с разрывом на отложениях лапчанской свиты или на эродированной поверхности пород нижнего палеозоя. Нижняя подсвита (50–55 м) сложена зеленовато-серыми мелко- и среднезернистыми (редко крупнозернистыми до гравелитов) песками кварцевого и граувакко-кварцевого состава [4, 6, 15]. Верхняя часть разреза (10–12 м) представлена темно-серыми до черных плотными глинами, алевролитами и прослоями мелкозернистых песков и углисто-глинистых пород. Горизонты до 1 м с крупнообломочным материалом тяготеют к низам разреза и обогащены мелкой галькой преимущественно кварц-кремнистого состава (реже кварцитов и эффузивов) и обломками подстилающих терригенно-карбонатных пород нижне-

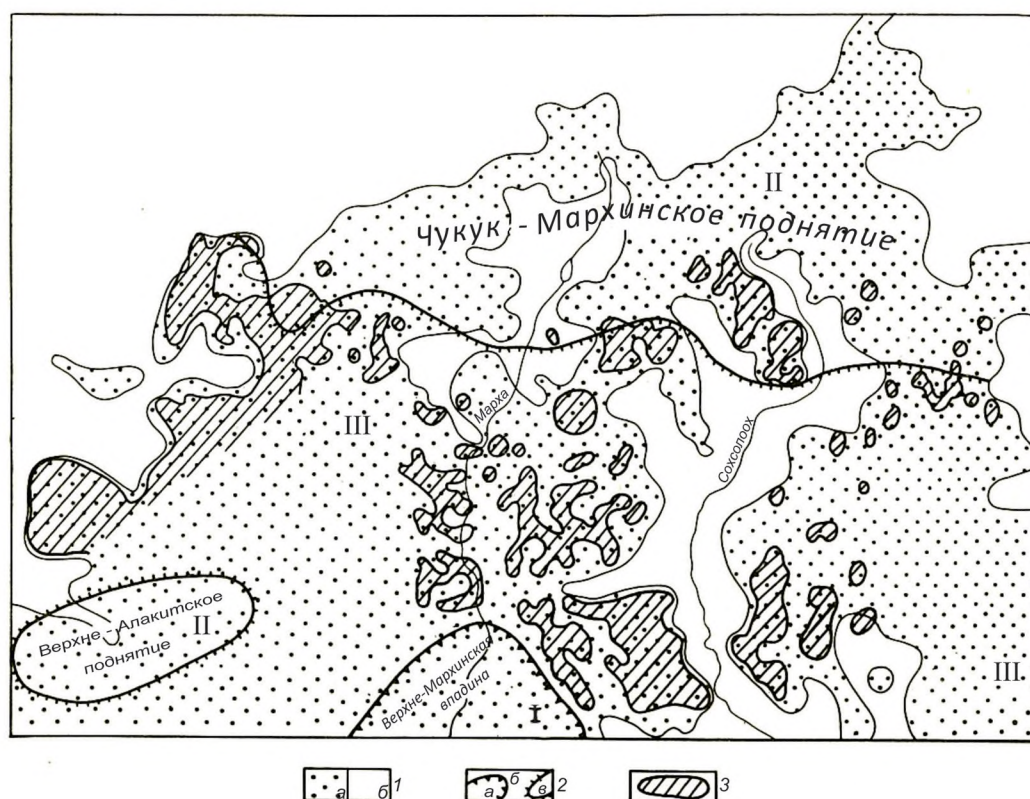


Рис. 2. Карта поверхностей позднедевонского-раннекаменноугольного выравнивания и кор выветривания Далдыно-Алаkitского алмазоносного района [16]:

1 – поверхности выравнивания и развитые на них коры выветривания верхнего девона–нижнего карбона: а – частично уничтоженные и перекрытые верхнепалеозойскими отложениями, б – практически полностью уничтоженные более поздними денудационными процессами; 2 – площади, территориально совпадающие с конседиментационными палеовпадинами, а также с верхними и нижними частями конседиментационных, в пределах которых условия для развития и сохранения кор выветривания и продуктов их ближнего переотложения были: а – неблагоприятные (I), б – благоприятные (II) и в – весьма благоприятные (III); 3 – поля развития КВ на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя

го палеозоя. *Боруллойская свита* (P_{2br}) представлена песками (песчаниками) зеленовато-серыми и белесыми разнозернистыми, кварц-полевошпатовыми, с линзовидными прослоями алевролитов, местами углистых. В основании отмечаются базальные галечники (конгломераты). В её составе также выделяются две подсвиты общей мощностью в полных разрезах до 100–170 м. Залегают свита с размывом на различных горизонтах ботубинской свиты и пород нижнего палеозоя. Нижняя часть нижней подсвиты (8–14 м) сложена зеленовато-желтовато-серыми средне- и крупнозернистыми песками с базальными гравелитами и галечниками мощностью до 2 м. Грубообломочный материал представлен галькой кварцитов, кварца, кремней, эффузивов (часто выветрелых) и слабо окатанными обломками терригенно-карбонатных пород. Выше залегают глины и алевролиты с маломощными прослоями углей, с размывом перекрытые пачкой 30–40 м желтовато-серых средне- и мелкозернистых песков. Верхняя часть нижней подсвиты сложена темно-серыми алевролитами, плотными глинами и углистыми образованиями. Верхняя подсвита боруллойской свиты (до 25 м) представлена светлыми мелко- и среднезернистыми песками. Несколько отличающийся от описанного выше разрез вулканогенно-терригенных отложений среднего карбона–нижнего триаса отмечен в *Далдыно-Алакитском алмазоносном районе*, где они с размывом, угловым и резким стратиграфическим несогласием залегают на различных горизонтах нижнего палеозоя, коре выветривания терригенно-карбонатных пород (см. рис. 2) и перекрывают многие кимберлитовые трубки [2, 8, 11–14]. При небольшой мощности (за исключением отдельных участков) эта толща характеризуется сложным строением, фациальной невыдержанностью и изменчивостью по площади. Большинство исследователей [4, 7, 11–12, 14] делят этот комплекс пород на три толщи: нижнюю среднекаменноугольно-нижнепермского возраста, среднюю, относящуюся к верхней перми, и верхнюю (туфогенную), включающую породы верхней перми и нижнего триаса.

Расчленение отложений верхнего палеозоя рассматриваемого региона – очень важная задача, тесно связанная с многолетними геологическими исследованиями, направленными на поиски месторождений алмазов, и поэтому заслуживает более детального внимания. Эти отложения в структурном отношении развиты в области юго-восточного замыкания Тунгусской синеклизы, что определило особенности их строения: сокращенные мощности стратиграфических подразделений, насыщенность внутриформационными размывами, часто скрытыми, существенной долей континентальных фаций осадков и невыдержанностью литологических тел по площади, при довольно однообразном наборе пород. Преобладание субконтинентальных условий верхнепалеозойского осадконакопления сказалось [11] на общей обедненности пород морской фауной, находки ко-

торой довольно редки, в связи, с чем основное биостратиграфическое значение приобрели флористические и палинологические комплексы. Поэтому применяющиеся до сих пор биостратиграфические схемы верхнепалеозойских отложений региона крайне противоречивы и во многом ошибочны. Исходной позицией развернувшихся стратиграфических работ следует считать постановление Межведомственного стратиграфического комитета от 1960 г., утвердившее расчленение верхнепалеозойских отложений на катскую (C_{2-3}), пеляткинскую (P_2) и дегалинскую (P_2) свиты. Независимо от возраста свит данная схема отражала объективный факт существования трех литостратонов, то есть трех субпараллельных, пластообразных геологических тел, обладающих индивидуальными литолого-фациальными признаками, позволяющими их идентифицировать и картировать в ранге местных стратиграфических подразделений. Незыблемость этой реальности неоднократно подтверждалась практикой геологосъемочных и алмазописковых работ, поскольку проведение границ между указанными литостратонами никогда не вызывало принципиальных споров. Однако при проведении детальных поисковых работ возникало естественное стремление к более подробному расчленению верхнепалеозойской толщи. Так, с 1964 г. уже выделялась катская (C_{2-3}), клинтайгинская (P_1), бургу克林ская (P_1^2), пеляткинская (P_2) и дегалинская (P_2) свиты. Впоследствии с 1979 г. вместо катской свиты в её объеме стали выделять лапчанскую (C_{2+3}) и ботубинскую (P_1) свиты. С 1989 г. по настоящее время применяется стратиграфическая схема, в которой введена новая ахтарандинская (P_1) свита. Кроме того, в схеме оставлены лапчанская (C_1^1), и ботубинская (C_{2-3}) свиты, возраст которых был понижен в соответствии с биостратиграфическими представлениями. По существу, все три вместе взятые свиты соответствуют прежней катской свите как естественному геологическому телу. В то же время на практике местами ахтарандинская свита выделяется частично или полностью из состава боруллойской (пеляткинской) или ботубинской свит. В этой схеме изменен и стратиграфический объем лапчанской свиты, так как её часть вошла в состав новой ботубинской свиты, а возрастной и литологический диапазон новообразованной лапчанской свиты был значительно сужен, и она приобрела свой первоначальный статус пачки (черная пачка или сылагинские слои). Данные преобразования привели к «перекраиванию» границ свит, что в совокупности с расплывчивостью биостратиграфических признаков породило определенную путаницу в корреляции. Поэтому практическое применение указанной стратиграфической схемы сопряжено с большими трудностями. На основании анализа внутреннего строения и вещественного состава верхнепалеозойской толщи, проведена [3] оценка правомерности выделения таких мелких литостратиграфических подразделений (свит)

и возможности корреляции их в региональном плане. Для этого комплексно были изучены как поверхности позднедевонского-раннекаменноугольного выравнивания (см. рисунки 1 и 2), развитые в регионе доверхнепалеозойских кор выветривания (рис. 3), пофракционное исследование вещественной составляющей различных типов пород, что позволило провести литолого-палеогеографические реконструкции перспективных территорий (рис. 4). Комплексный биостратиграфический анализ позволил при этом выявить ряд противоречий в принятой датировке стратонов и внести предложения по её корректировке. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что в верхнепалеозойской толще рассматриваемого региона достоверно выделяются и прослеживаются два крупных геологических тела, формирование которых связано с двумя тектоноседиментационными макроциклитами [3]. Нижнее тело (нижний макроциклит) объединяет лапчанскую, ботубинскую и синхронную им ахтарандинскую свиту в единую ботубинскую свиту. Верхнее тело (верхний макроциклит) соответствует боруллойской свите; в полных (сохранившихся) разрезах в его состав входит дегалинская свита верхней перми. Упомянутые геологические тела обладают

выраженными идентификационными свойствами в литологическом составе и строении слоевых ассоциаций, а также различаются по комплексам палеонтологических остатков (фаунистических, флористических и палинологических). Выделяемые в настоящее время рядом исследователей лапчанская, ботубинская и ахтарандинская свиты не имеют литологических и палеонтологических идентификационных характеристик и, соответствуя мезоциклитам (циклитам II порядка), рассматриваются нередко как подсвиты единой ботубинской свиты. Число подсвит (мезоциклитов) непостоянно и изменяется в региональном масштабе в зависимости от фациальных особенностей и мощности накопленных осадков в каждой рассматриваемой структурно-седиментационной зоне. В то же время на локальных участках местное дробное расчленение разреза в соответствии с циклической структурой оправдано и применимо в практической деятельности при анализе погребенных шлиховых ореолов. Отсюда следует, что на основании периодичности и этапности развития палинофлоры и выделения неповторимых во времени развитых ассоциаций миоспор (мегакомплексы), являющихся индикаторами возраста, а также с привлечением комплекса флоры и

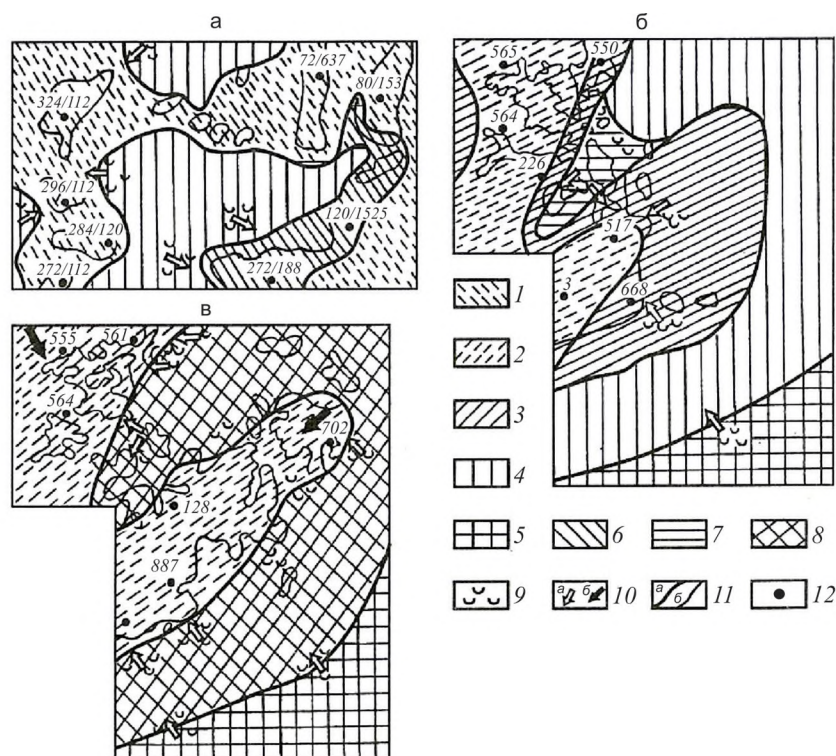


Рис. 4. Литолого-палеогеографические схемы Малоботубинского алмазоносного района для позднекаменноугольно-пермского времени:

века: а – лапчанский, б – ботубинский, в – боруллойский; 1–4 – низменные равнины: 1 – озерная, 2 – аллювиальная, 3 – денудационно-аккумулятивная, 4 – денудационная; 5 – холмистая равнина; 6 – в начале века низменная денудационная, в конце – озерная равнина; 7 – то же, в конце – денудационно-аккумулятивная; 8 – то же, в конце – аллювиальная; 9 – кора выветривания; 10 – направления сноса терригенного материала: а – местные, б – основные; 11 – границы: а – площадей с разной палеогеографической обстановкой, б – свит; 12 – скважина и её номер

фауны, разработана новая стратиграфическая схема расчленения отложений верхнего палеозоя. В ней обосновано отсутствие в регионе каменноугольных отложений и наличие двух основных геологических тел (свит) – ботубинского и боруллоиского, соответственно, ранне- и позднепермского возрастов, что должно устранить существующее несоответствие в расчленении здесь отложений верхнего палеозоя. Представляется целесообразным [1, 2] также выделение в низах верхнепалеозойского разреза лапчанской свиты (средневерхнекарбонового возраста) толщи, являющейся по сути формацией перемыва и переотложения древних кор выветривания, что очень важно для совершенствования методики прогнозирования и поисков алмазных месторождений.

В начале раннепермского времени положительные тектонические движения привели к развитию ландшафтных зон низменной денудационно-аккумулятивной и аккумулятивной равнин, а также ландшафтной обстановки подножий склонов и конусов выноса (см. рис. 4). Существовали условия для аккумуляции преимущественно песчано-галечного руслового, алевроито-песчаного пойменного аллювия и глинисто-алевритовых фаций зарастающих стариц и вторичных водоемов поймы, реже песчано-алевритоглинисто-щебнистых осадков склонов. В середине раннепермского времени состоялась ингрессия бассейна с запада – центральной части Тунгусской синеклизы, что привело к захоронению продуктивных континентальных образований песчаной толщей бассейновых отложений. В конце данного периода произошла смена условий бассейнового осадконакопления на озерно-болотные. Формировались глинисто-алевритовые и глинисто-углистые фации. Следует отметить, что в начале раннепермского периода были в основном переотложены сохранившиеся от размыва и имевшие площадное развитие более древние (каменноугольные) продуктивные отложения и сформированы россыпи алмазов (Восточная, Западная и др.). Причем алмазоносный материал, поступающий в аллювий за счет размыва кимберлитовых тел, а также КВ и продуктов её переотложения, разубоживался привносом чуждого району кластического материала. В то же время в условиях эрозионного рельефа водотоки имели неодинаковую транспортирующую энергию, в результате чего в руслах (особенно в их верховьях), обособлялись участки преимущественного накопления местного обломочного материала, которые перспективны для поиска россыпей алмазов. Такая специфика формирования продуктивных отложений послужила главной причиной образования повышенных концентраций алмазоносного материала лишь на отдельных участках. В то же время на остальной территории устанавливается только фоновая зараженность алмазами и их ИМК отложений ботубинской свиты. В конце ранней перми источники алмазов региона оказались

уже погребенными. В это время возможность образования россыпей алмазов была ограничена. В начале поздней перми развивались ландшафты низменной аллювиальной равнины (см. рис. 4). Водотоки имели спокойное течение, за исключением времени формирования базального галечного горизонта. Продолжавшееся опускание местности компенсировалось осадконакоплением уже в условиях континентально-прибрежной равнины и бассейна, в результате чего возникла мощная >100 м толща в основном мелкозернистых песков. Конец рассматриваемого времени характеризуется накоплением фаций, в которых преобладает тонкозернистый материал: тонкозернистые пески, пестроцветные алевроиты и глины. Необходимо подчеркнуть, что в начале позднепермского времени положительные тектонические движения привели к оживлению эрозионной деятельности и частичному размыву нижнепермских отложений. Эрозионная деятельность водотоков в начале поздней перми была значительной, особенно на поднятиях (Мирнинское, Улу-Тогинское, Чернышевское и др.), где под верхнепермскими отложениями местами отсутствуют породы ботубинской свиты или отмечаются их сокращенные мощности, а также преобладание здесь грубозернистых фаций боруллоиской свиты. Все это обусловило вскрытие коренных и россыпных месторождений алмазов района и вынос кимберлитового материала в базальные горизонты боруллоиской свиты. По сравнению с раннепермским временем условия образования боруллоиских россыпей алмазов были хуже. Они могли формироваться в базальном галечном горизонте, обогащенном местным обломочным материалом при благоприятных структурно-тектонических условиях, способствовавших длительному размыву кимберлитовых пород, алмазоносных образований, КВ и ботубинской свиты, что подтверждается и особенностями сопоставления типоморфных особенностей минералов соответствующих образований (см. рис. 3). В пределах Малоботубинского района в верхнепалеозойских отложениях образовались два обширных шлейфа разноса ИМК и самих алмазов северо-западного и северо-восточного направлений (см. рис. 4), отходящих от кимберлитовых трубок Мирнинского кимберлитового поля (Кюеляхское и Бахчинское) с довольно многочисленными ореолами смешанного (континентального и бассейнового) типа со слабо отсортированной алмаз-пироп-пикроильменитовой ассоциацией [1]. Так, Кюеляхское минералогическое поле (шлейф) локализовано в Кюеляхской палеодолине и отчетливо разделяется на две группы ореолов: Чернышевско-Лапчанскую и Ирелях-Чайдахскую. Чернышевско-Лапчанская (ореолы Левобережный, Водораздельный, Улахан-Курунг-Юряхский, Верхне-Сылагинский, Куччугуй-Иреляхский, Приразломный, Бестяхский и другие) прослеживается вдоль верхней структурной террасы северного склона

указанной палеодолины, а Ирелях-Чайдахская (ореолы Чайдахский, Западный, Восточный) тяготеет к такой же террасе её южного склона (см. рис. 4). Сравнительный анализ показал, что первая группа ореолов превосходит по качественным и количественным особенностям ИМК вторую. Так, средний размер пикроильменита и пиропов в первой группе в полтора раза крупнее, сохранность их выше, а количество оранжевых пиропов в пять раз больше. Причем агрегатный пикроильменит встречается в два раза чаще, а соотношение пикроильменит/пироп в три раза выше, чем во второй группе. Кроме того, ореолы первой группы характеризуются особо высокими концентрациями ИМК, которые достигают [1] по пиропу более 635, пикроильмениту 3800 и хромшпинелидам 760 зерен в пересчете на 10 литров исходного материала. Здесь же зафиксированы многочисленные находки крупных (>1 мм) зерен пиропов, пикроильменита и хромшпинели, а также несколько десятков пиропов с достоверно установленными реликтами келифитовых кайм. Неоднократно также отмечались и подтверждены аналитическими определениями находки пикроильменитов в классах >1 мм, на которых сохранились фрагменты реакционной перовскитовой оболочки, а в некоторых случаях встречены отдельные зерна с почти ненарушенной этой оболочкой (западная часть ореола Улахан-Курунг-Юряхский). Отличительная особенность ореолов ИМК второй группы – более высокие концентрации в них алмазов. Именно в их пределах установлены пока единственные на Сибирской платформе россыпи алмазов позднелавового возраста. Здесь выявлена погребенная промышленная россыпь алмазов Восточная, приуроченная к базальному горизонту делювиально-пролювиальных отложений нижней перми в верховье палеоводотока (верхняя часть склона Кюеляхской впадины). В 10 км к западу от этой россыпи обнаружена потенциально-промышленная, также погребенная россыпь алмазов Западная в песчано-гравийно-галечных образованиях ботубинской свиты. Для алмазов отдельных участков (Чуоналыр-Курунг-Юряхский и др.) также отмечается значительная дифференциация типоморфных особенностей алмазов [9], несмотря на то, что для них в целом характерно преобладание кристаллов октаэдрического (36–57%) и переходного от октаэдрического к ромбодекаэдрическому габитусу. По сравнению с Ирелях-Маччобинским россыпным полем, оно характеризуется пониженным (не более 14%) содержанием ламинарных ромбодекаэдров при полном отсутствии типичных округлых алмазов, наибольшим (8–14%) количеством кристаллов с сине-голубой фотолюминесценцией, повышенной (22–29%) ролью индивидов с желтовато-зеленым свечением и сравнительно высоким (35–43%) числе целых камней. Исходя из типоморфных особенностей [9], алмазы Чуоналыр-Курунг-Юряхского россыпного поля можно объединить в северо-западную ассоциацию.

Бахчинское минералогическое поле объединяет [1, 3] три ореола с повышенным содержанием ИМК: Находка, Медвежий и Делбиге. Наиболее перспективные и высоко-контрастные – Медвежий и Делбиге. Содержание пикроильменита в них по отдельным пробам достигает сотен и нескольких тысяч зерен, пиропов – до тысячи зерен. Крупность некоторых зерен этих минералов превышает 4 мм, а доля агрегатного пикроильменита составляет до 15%. Отмечаются находки пиропов с реликтами келифитовой каймы и оранжевые пиропы с эндогенной трещиноватостью. Для алмазов этих ореолов характерно [9] резкое преобладание кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбодекаэдрическому габитусов при низком содержании ламинарных ромбодекаэдров (не более 8%), двойников и сростков, окрашенных камней, небольшом (не более 23%) количестве кристаллов с сине-голубой фотолюминесценцией, а также доминирование слабо-трещиноватых камней. По этим признакам алмазы Бахчинского россыпного поля объединены в северо-восточную алмазную ассоциацию [1, 3]. На основании детального изучения вещественного состава и условий формирования отложений верхнего палеозоя представляется возможным восстановить специфические особенности образования продуктивных горизонтов этого возраста на всей рассматриваемой территории и на этой основе в её пределах выделить площади, благоприятные для формирования и сохранения ореолов рассеяния кимберлитовых минералов. Севернее, уже в пределах Далдыно-Алакитского района, алмазоносными являются пермо-карбоновые отложения конекской свиты. Из-за сравнительно небольшого эрозионного среза, несмотря на наличие большого количества алмазоносных тел, этот район характеризуется незначительными масштабами россыпной алмазоносности. Для большинства ореолов рассеяния кимберлитового материала этой территории характерна [1, 9] ассоциация «далдыно-алакитского» типа при низком (не более 20%) содержании типичных округлых алмазов. Поскольку в древних осадочных толщах района содержится мало алмазов, то находки даже небольшого количества очень мелких алмазов могут являться прямым признаком наличия алмазоносных кимберлитовых диатрем. При этом в кимберлитовых телах этого района с убогой алмазоносностью отмечается повышенное содержание типичных округлых алмазов, в основном, с шагренью и полосами пластической деформации. Такие алмазы являются типоморфным признаком не только кимберлитовых жил, но и трубок с убогой алмазоносностью, относящейся к самостоятельной фазе кимберлитового магматизма, которая предшествовала образованию высокопродуктивных кимберлитов.

Таким образом, проведенный анализ истории геологического развития региона и фаций верхнелаво-

зойских отложений, а также особенностей их распределения и залегания на породах нижнего палеозоя позволил установить, что основной срез пород региона (300 м), в том числе и кимберлитов, произошел в доверхнепалеозойский период [3]. В то же время, с момента корообразования и до завершения верхнепалеозойского осадконакопления денудация пород района была крайне незначительная и происходила преимущественно только по водотокам, где максимально достигала 40–50 м, а при унаследованном развитии этой гидросети и того меньше. Это подчеркивается (см. рисунки 1 и 2) повсеместным наличием КВ на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя, сохранившихся от размыва под отложениями верхнего палеозоя и присутствием в их базальных горизонтах пролювиально-делювиальных образований, состоящих из угловатых обломков подстилающих пород. Обычно эти образования вытянуты в виде узких струй и, возможно, являются фрагментами самого первоначального размыва КВ. Их следует отличать от склоновых делювиальных и делювиально-пролювиальных образований, переходящих в аллювиальные отложения ботубинских и боруллойских водотоков. Поэтому при таком минимальном срезе практически все кимберлитовые минералы, находящиеся в верхнепалеозойских отложениях, являются переотложенными из более древних каменноугольных образований. Первичные потоки данных минералов могут устанавливаться вдоль позднепалеозойских водотоков и только в том случае, если кимберлитовые тела попадали в зону эрозионной деятельности указанных водотоков. Все это находит свое подтверждение еще и в том, что 93% пиропов из данных отложений имеют признаки гипергенного растворения, на остальных этот процесс визуально не фиксируется. На части зерен в случае слабой коррозии видны признаки докоррозионного износа. Обычно гипергенное растворение в разной степени уничтожает следы предшествующего износа, поэтому реликты последнего свидетельствуют о том, что до выветривания минералы изнашивались в процессе формирования их ореолов рассеяния в более древних осадочных толщах. Растворение пиропов и других минералов кимберлитов связано с КВ и вне их не происходит [1]. В этой связи необходимо отметить широкое развитие бассейновых, преимущественно тонкозернистых фаций, формирование которых обусловлено общим погружением территории при ингрессии бассейна из центральной части Тунгусской синеклизы. Залегают они обычно без размыва. Практически мы имеем дело с погребенным рельефом, сформированным еще до эпохи стабилизации территории и образования КВ и незначительно измененным в последующее время. Этот вывод вытекает из анализа доверхнепалеозойских поверхностей выравнивания пород нижнего палеозоя, среди которых выделяются три их типа, созданные процессами глубокого эрозионного среза и

завершающего (перед пенепленизацией территории) денудационного, денудационно-аккумулятивного выравнивания в допозднепалеозойское время [1, 3, 10]: а) плоские, слабоволнистые, так называемые водораздельные равнины; б) пологонаклонные и слаборасчлененные (склоны водораздельной равнины); в) ровные (преимущественно денудационно-аккумулятивная равнина). Данные поверхности несколько изменены в условиях прерывистого денудационно-аккумулятивного выравнивания во время формирования лапчанской, ботубинской и боруллойской свит, а на отдельных участках отпрепарированы денудацией и частично расчленены в связи с новейшими поднятиями в четвертичное время или осложнены при внедрении траппов в раннетриасовое время. Особенно рельефно на этих поверхностях виден врез позднепалеозойских водотоков на глубину до 40–50 м, так как эти поверхности довольно четко фиксируют долины крупных заливов бассейна центральной части Тунгусской синеклизы, вдающиеся далеко на восток в область древней суши, в сводовую часть Ботубинского поднятия. Во время континентальных этапов развития региона в позднем палеозое они были долинами древних водотоков и их притоков (например, Кюеляхская впадина). Установлено, что в средне-верхнекаменноугольное и раннепермское время наиболее благоприятные условия для формирования продуктивных горизонтов существовали в пределах склона водораздельной равнины (поверхность второго типа) за счет переотложения кимберлитового материала водотоками, а также на денудационно-аккумулятивной равнине (поверхность третьего типа), где водотоками высоких порядков перемывались площадные каменноугольные продуктивные отложения. Наименее перспективными на образование продуктивных горизонтов верхнего палеозоя являются отложения, развитые на поверхности выравнивания первого типа, так как они длительное время были областью денудации, и только в позднепермское время на их локальных участках ограниченно могли формироваться продуктивные горизонты.

Характер распространения, фациальный состав отложений верхнего палеозоя и приуроченность ореолов рассеяния кимберлитовых минералов к делювиально-пролювиальным и аллювиальным осадкам, развитым в низах разреза лапчанской, ботубинской и боруллойской свит, свидетельствуют о наличии благоприятных условий для формирования продуктивных горизонтов. Особенно перспективны на россыпную алмазоносность делювиально-пролювиальные отложения верховьев палеоводотоков (например, россыпь алмазов Восточная). Аллювиальные отложения лапчанской и ботубинской свиты развиты в западной части рассматриваемой территории по днищам долин палеоводотоков. Перекрывающие данные осадки бассейновые образования полностью заполняют эти долины до уровня их водоразделов,

сводовой части Ботуобинского поднятия. Аллювиальные и перекрывающие их бассейновые отложения боруллойской свиты развиты практически на всей рассматриваемой территории. Причем во время формирования аллювиальных осадков ботуобинской свиты были перемыты и переотложены практически все докаменноугольные образования, так как в целом отмечалась унаследованность развития водотоков каменноугольного и пермского периодов. Все это свидетельствует о высоких перспективах лапчанских и ботуобинских пролювиальных и аллювиальных отложений на формирование продуктивных горизонтов (россыпи алмазов Восточная и Западная). Необходимо также учитывать, что если ореолы рассеяния кимберлитовых минералов попадали в зону действия транзитного водотока, то они уничтожались полностью или сильно разубоживались, и, наоборот, при переотложении этих ореолов водотоками высоких порядков формировались богатые продуктивные горизонты, особенно на участках, где фиксируется резкая смена гидродинамической активности палеоводотоков или в верховьях их небольших притоков. В то же время ореолы рассеяния кимберлитовых минералов в отложениях прибрежно-бассейнового генезиса формировались вдоль склонов и структурных террас локальных палеоподнятий. В этой связи необходимо отметить, что аллювиальные отложения боруллойской свиты накапливались уже в то время, когда вся западная часть региона была перекрыта ботуобинскими бассейновыми образованиями, а в восточной каменноугольные ореолы рассеяния кимберлитовых минералов были уже в основном размыты. Поэтому степень перспективности боруллойских аллювиальных отложений на формирование богатых продуктивных горизонтов ниже по сравнению с лапчанской и ботуобинской свитами. Наличие в них кимберлитовых минералов может свидетельствовать о размыве как сохранившихся останцов более древних продуктивных отложений, так и коренных источников алмазов, попавших в зону эрозионной деятельности боруллойских водотоков [3, 8, 15]. Все это необходимо учитывать при планировании и проведении поисковых работ на рассматриваемой территории. Следует отметить, что Малоботуобинский и Далдыно-Алакитский районы являются важными регионами алмазодобычи, однако для восполнения убывающих запасов алмазов необходимо открытие здесь новых коренных и россыпных месторождений, поскольку имеющиеся резервные месторождения характеризуются ограниченными запасами. Анализ установленных минералогических признаков, структурно-тектонических и литолого-фациальных предпосылок поискового прогнозирования, а также степени и надёжности опосредованного свидетельства о возможности обнаружения в этих районах алмазоносных кимберлитовых трубок. Хотя их центральные

части (Мирнинское, Алакитское и Мархинское кимберлитовые поля) являются наиболее изученными, однако и здесь возможно обнаружение немагнитных и мелких размеров алмазоносных кимберлитовых тел в пределах выделенных и еще недоизученных локальных перспективных участков, тяготеющих к зонам разломов Вилуйско-Мархинской системы. На остальной (основной) северо-западной, северной и северо-восточной частях районов, где широко развиты отложения верхнего палеозоя, проведены алмазопромысловые работы разной детальности. Кимберлитовые трубки и первичные потоки рассеяния ИМК пока здесь не обнаружены. В то же время в отложениях лапчанской, ботуобинской и боруллойской свит установлены два обширных минералогических ореола (Кюеляхский и Бахчинский), отходящих от Мирнинского кимберлитового поля, соответственно, в северо-западном и северо-восточном направлениях, с ореолами смешанного (континентального и бассейнового) типа и со слабо отсортированной алмаз-пироп-пикроильменитовой ассоциацией данных минералов [1, 3]. Эти ореолы характеризуются высокими концентрациями ИМК (до нескольких тысяч зерен на шлиховую пробу объемом 10 л), которые несут следы механического износа. Отмечается также наличие зерен крупностью до 2 мм (с реликтами келифитовых кайм на некоторых зернах пиропов). Кроме того, в данных ореолах наблюдаются находки алмазов, а в Кюеляхском минералогическом поле зафиксированы две россыпи алмазов (Восточная и Западная). Закартированы перспективные ореолы рассеяния ИМК и в Далдыно-Алакитском алмазоносных районах [1]. Детальное и комплексное изучение физиографических, морфологических и химических особенностей данных кимберлитовых минералов показало, что основное их количество имеет сходство с таковыми из высокоалмазоносных трубок Мирнинского, Далдынского и Алакитского полей. В Малоботуобинском районе эти ИМК претерпели значительный износ за счет неоднократного перемива и переотложения в допозднепалеозойское время, а меньшая часть характеризуется отличными от трубчатых ассоциаций признаками. Так, западнее россыпи Западная устанавливается существенно пикроильменитовая ассоциация минералов относительно хорошей сохранности и предполагается, что они поступили из неизвестного кимберлитового тела, находящегося в западной части Верхне-Иреляхского поднятия. Подобные контрастные ореолы зафиксированы в грубообломочных отложениях лапчанской, ботуобинской и боруллойской свит в пределах Бахчинского минералогического поля (ореолы Дэлбергинский и Медвежий), где выполняют неглубокую палеоложбину, в пределах зоны разломов Вилуйско-Мархинской системы. Именно в районе этих ореолов предполагаются местные коренные источники

данных минералов. Учитывая недостаточную степень опосредованности участков трех указанных ореолов, необходимо их доизучение с целью обнаружения здесь своих алмазоносных кимберлитовых трубок. Следует также отметить, что прирост запасов алмазов возможен также и за счет выявления новых верхнепалеозойских россыпей в пределах площадей развития высококонтрастных ореолов рассеяния ИМК Кюеляхского минералогического поля, хотя и со сложным строением продуктивного пласта и при значительных (30–80 м) мощностях вскрыши.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Поисковая минералогия алмаза. – Новосибирск: ГЕО, 2010.
2. Бобриневич А.П., Бондаренко М.И., Гневушев М.А. и др. Алмазные месторождения Якутии. – М.: Госгеолтехиздат, 1959.
3. Борис Е.И., Зинчук Н.Н. Структурно-формационные и генетические особенности формирования продуктивных отложений верхнего палеозоя и мезозоя бассейна среднего течения в связи с поисками месторождений алмазов // Геология алмазов – настоящее и будущее. Геологи к 50-летию Юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России. – Воронеж: ВГУ, 2005. С. 1339–1361.
4. Зинчук Н.Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных месторождений). – Новосибирск: НГУ, 1994.
5. Зинчук Н.Н. Постмагматические минералы кимберлитов. – М.: Недра, 2000.
6. Зинчук Н.Н. Состав и генезис глинистых минералов в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 1981. № 1. С. 36–43.
7. Зинчук Н.Н., Борис Е.И., Стегницкий Ю.Б. Структурно-формационное и минерагеническое районирование территорий развития погребенных кор выветривания и продуктов их переотложения в алмазоносных регионах (на примере Якутской кимберлитовой провинции) // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 7. С. 950–964.
8. Зинчук Н.Н., Борис Е.И., Яныгин Ю.Т. Особенности минерагении алмаза в древних осадочных толщах (на примере верхнепалеозойских отложений Сибирской платформы). – Мирный: МГТ, 2004.
9. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. – М.: Недра, 2003.
10. Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д., Борис Е.И. Древние коры выветривания и поиски алмазных месторождений. – М.: Недра, 1983.
11. Павлов С.Ф. Верхний палеозой Тунгусского бассейна. – Новосибирск: Наука, 1974.
12. Тараненко В.И., Зинчук Н.Н., Хмелевский В.А. и др. Фациальная характеристика верхнепалеозойских аллювиальных отложений бассейна среднего течения р. Вилюй. – М.: ВИНТИ, 1978.
13. Тараненко В.И., Зинчук Н.Н., Хмелевский В.А. и др. Фациальная характеристика верхнепалеозойских бассейновых отложений восточного борта Тунгусской синеклизы. – М.: ВИНТИ, 1978.
14. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Геолого-генетические основы шлихоминералогического метода поисков алмазных месторождений. – М.: Недра, 1985.
15. Шутов В.Д. Минеральные парагенезисы граувакковых комплексов. – М.: Наука, 1975.

Сквозная океанически-континентальная минерагеническая система (СОКС) Якутии

А.Е.АНТОНОВ, Г.Н.ГАМЯНИН (Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН); 119017, г. Москва, Старомонетный пер., д.35)

СОКС Якутии включает срединно-океанический хребет (СОХ) Гаккеля, потенциально нефтегазоносные рифтовые структуры шельфа моря Лаптевых и Восточно-Якутский металлогенический пояс (ВЯМП) с месторождениями цветных и благородных металлов. Выделены два сектора ВЯМП с различным металлогеническим профилем (1 – Sn, W, Mo; 2 – Au, Ag, Pb, Sb, Hg), коррелирующие с синеклизой и антеклизой на шельфе. Участки пересечения ВЯМП с Охотско-Чукотским вулканогенным поясом перспективны на выявление новых крупных месторождений золота.

Ключевые слова: минерагеническая система, хребет Гаккеля, нефтегазоносный шельф, море Лаптевых, Восточно-Якутский металлогенический пояс, золоторудные месторождения.

Антонов Александр Евгеньевич, a_e_antonov@mail.ru

Гамянин Геннадий Николаевич, gamgen@mail.ru

Through ocean-continent mineral system (TOCS) of Yakutia

A.E.ANTONOV, G.N.GAMIANIN

TOCS of Yakutia consists of Gakkel mid-ocean ridge, hydrocarbons-bearing structures of the Laptev sea shelf and gold, non-ferrous metals bearing Eastern Yakutian metallogenic belt (EYMB). Two sectors of EYMB with different geological setting and metallogeny (1 – Sn, W, Mo, 2 – Au, Ag, Pb, Sb, Hg) correlate with the antecline and syncline areas on the shelf. EYMB's intersections with the Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt have prospects for discoveries of new large gold deposits.

Key words: mineral system, Gakkel mid-ocean ridge, hydrocarbons-bearing structures, Laptev sea, shelf, Eastern Yakutian metallogenic belt, gold deposits.

Возможность продолжения океанических структур на континентах рассматривалась в ряде работ [1, 3], в том числе и по Якутии [13, 14, 22]. Авторами развивается концепция единых сквозных океанически-континентальных минерагенических* систем (СОКС), океаническими элементами которых являются срединно-океанические хребты с месторождениями массивных сульфидов. Их продолжением в шельфовых морях служат рифтогенные структуры со скоплениями углеводородов, а далее на прилегающих континентах – металлогенические пояса с месторождениями цветных и благородных металлов. На территории Якутии в качестве такой системы выделена Гаккель-Лаптевоморско-Верхоянская СОКС [2]. (В данной статье она названа Гаккель-Лаптевоморско-Восточноякутской, что более соответствует реальной ситуации).

Океаническим элементом выделенной СОКС является СОХ Гаккеля (рис. 1). Ранее высказывались сомнения в том, что из-за наиболее низкой скорости спрединга по сравнению с другими СОХ с этим хребтом могут быть связаны значительные проявления магма-

тизма и гидротермальной деятельности. Однако при геофизическом картировании с высоким разрешением и отбором образцов, проведенном в 2001 и 2007 годах (экспедиции AMORE, AGAVE), получены неожиданные доказательства интенсивного магматизма и гидротермальной деятельности в приосевой зоне хребта и опровергнуты такие сомнения [26]. Таким образом, СОХ Гаккеля, как и другие звенья мировой системы срединно-океанических хребтов, является потенциальным продуцентом и вместилищем глубоководных месторождений массивных сульфидов.

Структура СОХ Гаккеля прослеживается в шельфовое море Лаптевых. В последнее время возрос интерес к анализу его геологических особенностей в связи с перспективами нефтегазоносности [17].

Какие же структуры можно считать продолжением хребта Гаккеля в море Лаптевых? Как полагает И.С.Грабберг [13], прямым продолжением рифтовой долины хребта Гаккеля на шельфе можно считать Омолойский рифт [23, 24] – ответвление Усть-Ленского рифта – главной структуры растяжения всей рифтовой системы

*Согласно Геологической энциклопедии, в отличие от металлогении, термин минерагения используется при рассмотрении закономерностей размещения месторождений как металлических, так и неметаллических полезных ископаемых.

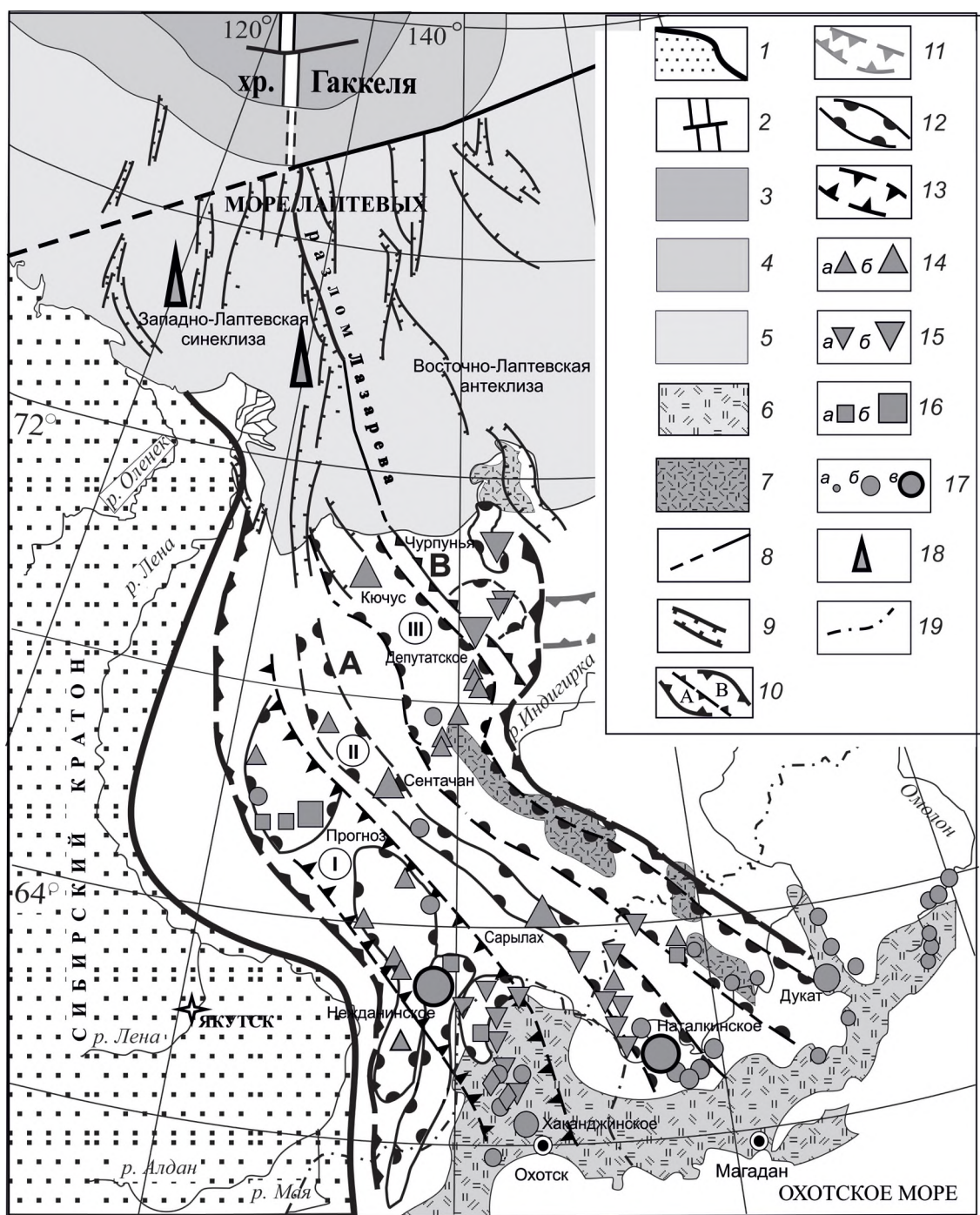


Рис. 1. Схема Гаккель-Лаптевоморско-Восточно-Якутской сквозной океанически-континентальной минерагенической системы, составил А.Е. Антонов по материалам Л.М. Парфенова, А.В. Прокофьева, Г.Н. Гамянина, А.А. Сидорова, А.В. Волкова, Н.А. Малышева, С.Ф. Стружкова и др.:

1 – Сибирский кратон; 2 – СОХ Гаккеля; 3 – Евразийский океанический бассейн; 4 – континентальный склон; 5 – шельф; 6 – Охотско-Чукотский окраинно-континентальный позднемерловый вулканический пояс; 7 – вулканические пояса юрского возраста; 8 – трансформный разлом; 9 – рифтовые впадины; границы: 10 – постагрегационного Восточно-Якутского металлогенического пояса (А – западный сектор, В – восточный сектор), 11 – Яно-Полоусного субдукционного металлогенического пояса, 12 – Нежданинско-Хаканджинского структурно-металлогенического тренда (I), 13 – металлогенических зон (II – Адыча-Тарынской, III – Нижнеянской-Селеннянской), месторождения (а – мелкие, б – средние, в – крупные/сверхкрупные): 14 – Au (Sb, Hg), 15 – Sn (W, Mo), 16 – Ag (Pb, Zn), 17 – Au (Ag); 18 – перспективные нефтегазоносные области; 19 – административные границы

моря Лаптевых [14, 25].

Н.А.Малышевым [17] в пределах бассейна моря Лаптевых выделены два крупных «надпорядковых тектонических элемента» – Западно-Лаптевская синеклиза и Восточно-Лаптевская антеклиза (см. рис. 1), разделенные крупноамплитудными (до 5 км) сбросами зоны разломов Лазарева в восточном борту Усть-Ленского рифта. Осадочный чехол Западно-Лаптевской синеклизы суммарной мощностью до 14–15 км оценивается как весьма перспективный на выявление месторождений углеводородов. Большинство исследователей считает, что формирование шельфа моря Лаптевых связано с процессами рифтогенеза и раскрытием, начавшемся в позднемеловой период, Евразийского океанического бассейна в Арктике [23, 25]. При этом отмечалось, что система рифтогенных грабенов шельфа моря Лаптевых является «недостающим звеном рифтового пояса хребта Гаккеля и Момского рифта» в Верхоянской складчатой области [13]. По мнению Л.М.Парфенова [22], «спрединговый хребет Гаккеля и его продолжение на шельфе моря Лаптевых и далее на континенте фиксируют современную границу между Евразийской и Северо-Американской плитами, которая пересекает Магаданскую область и Камчатку и соединяется с трансформным разломом, проходящим вдоль Командорских островов и Алеутской островной дуги». Подчеркнем возрастную близость важнейших геологических событий на шельфе и на континенте, включая процессы рудообразования. Считается, что растяжение литосферы моря Лаптевых и связанный с ним рифтогенез, вызванные раскрытием Евразийского бассейна, начались в конце позднего мела – палеоцене, то есть около 70 млн. лет назад. На это же время приходятся основные фазы формирования оруденения апт-позднемелового Восточно-Якутского металлогенического пояса [22].

Согласно современным представлениям, Верхояно-Колымская орогенная область представляет собой коллаж террейнов, соединившихся в результате среднеюрской аккреции в единый Колымо-Омолонский супертеррейн (микроконтинент), который в конце юры – начале мела причленился к Сибирскому континенту. Хотя процессы субдукции и коллизии также сопровождалась рудообразованием, но наиболее значительные комплексные месторождения золота, серебра, олова, сурьмы, ртути образовались после аккреции террейнов, сформировав постааккреционный апт-позднемеловой Восточно-Якутский металлогенический пояс (ВЯМП) [22], наложенный на металлогенические пояса раннего заложения. Яно-Колымский коллизионный позднеюрско – ранненеокомский и Яно-Полоусный субдукционный поздне-неоком-аптский пояса вмещают многочисленные месторождения и рудопоявления олова, вольфрама, золота, меди, существенно уступающие однако по масштабам оруденению позднего постааккреционного этапа, к которому, в частности, от-

носятся крупнейшие месторождения золота (Нежданнинское, Наталкинское, Кючус), серебра (Прогноз), олова (Депутатское).

Совместное рассмотрение геологических особенностей шельфа моря Лаптевых и прилегающей континентальной части Восточной Якутии позволяет по-новому интерпретировать внутреннее строение Восточно-Якутского металлогенического пояса. Зона разломов Лазарева, разделяющая на шельфе две резко различные области – Западно-Лаптевскую синеклизу и Восточно-Лаптевскую антеклизу, приближается к континенту в районе Усть-Янского рифта. Ее континентальное продолжение таким же образом разделяет ВЯМП на два принципиально разных сектора Северо-Восточный (В) и Юго-Западный (А), коррелирующие с соответствующими областями шельфа (см. рис. 1).

Северо-Восточный сектор, коррелирующий с Восточно-Лаптевской антеклизой, характеризуется металлогенической специализацией на Sn, W, Mo, (Cu, Au, Bi). Входящие в него металлогенические зоны – Чохчуро-Чекурдахская и Центрально-Полоусная – отличаются неправильной, сложной морфологией и более соответствуют категории рудных районов, а не зон. Этот сектор по площади значительно уступает сектору А, однако включает многочисленные олово-вольфрамовые месторождения – Полярное, Одинокое, Черпунья, Чекурдах и крупнейшее в России Депутатское, которые характеризуются связью с интрузивными и субвулканическими телами, эродированными вулканическими постройками. Преобладающие морфологические типы рудных тел – штокверки, штокверковые зоны, минерализованные зоны дробления. Все месторождения этого сектора имеют общий металлогенический профиль (главные металлы Sn, W, Mo), штокообразную морфологию рудных тел и приурочены к субвулканическим телам и интрузивным штокам.

Юго-Западный сектор, расположенный к юго-западу от континентального продолжения зоны разломов Лазарева, коррелирует с Западно-Лаптевской синеклизой. Чем же выражается возможное континентальное продолжение этой гигантской рифтогенной структуры, включающей Усть-Ленский и Усть-Янский рифты совместно с зоной разлома Лазарева?

Южнее побережья, покрытого мощным чехлом кайнозойских отложений Яно-Индибирской низменности, в нижнем течении р. Яна наблюдаются тектонически нарушенные турбидиты Кулар-Нерского террейна, в которых локализовано крупное ртуть-сурьмодержащее золоторудное месторождение Кючус. Далее к юго-востоку продолжение Западно-Лаптевской рифтогенной структуры проявляется в разломах северо-западной ориентировки, пересекающих турбидиты Полоусно-Дебинского и Нагонджинского террейнов [16], а к югу от 69-й параллели этому структурному направлению отвечает целая серия постааккреционных магматических образований: Хадараньинский и другие

раннемеловые плутоны, Мунилканский офиолитовый террейн, и, наконец, Догдинский грабен – один из фрагментов протяженного (900 км) Уяндино-Ясачненского вулканического пояса [22], заполненный позднеюрскими вулканическими контрастного состава (андезиты, базальты, риолиты) и осадочно-вулканогенными образованиями. *Месторождение золота Кючус* ранее включалось в самостоятельную Нижне-Янскую металлогеническую зону, предположительно продолженную авторами упомянутой работы к северо-востоку под чехол кайнозойских отложений. Нами это месторождение отнесено к единой металлогенической зоне северо-северо-западного простирания совместно с ртутными и золотортутными месторождениями Уяндино-Ясачненского пояса Селенняхской металлогенической зоны, названной «Нижнеянско-Селенняхской».

Юго-Западный сектор ВЯМП, помимо Нижнеянско-Селенняхской, включает также Тарынскую, Екюччу-Биляхскую, Хандыгскую, Южно-Верхоянскую зоны. В отличие от зон Северо-Восточного сектора, эти зоны отличаются более выраженной линейной морфологией, металлогенической специализацией на Au, Sb, Hg, Ag, Pb, Zn. Оруденение, как правило, контролируется протяженными разрывными нарушениями, пликативными структурами, конформными простиранию Восточно-Якутского металлогенического пояса. Наиболее распространенная морфология рудных тел – рудные жилы, линзы, линейные минерализованные зоны дробления.

Авторы не ставили задачи пересмотра принципов выделения и конфигурации всех металлогенических зон, хотя и не считают их границы достаточно обоснованными. Проведенный нами анализ фактического размещения месторождений вблизи западной границы ВЯМП позволил наметить **структурно-металлогенический тренд**, контролирующий размещение большинства месторождений цветных и благородных металлов, включая крупнейшие. Он именуется «Нежданинско-Хаканджинским» по названиям основных золоторудных месторождений и не вполне совпадает с металлогеническими зонами. Этот тренд может трассироваться по западному краю Верхояно-Колымского орогена на северо-запад до шельфа моря Лаптевых, коррелируя там с центральной частью Западно-Лаптевской синеклизы, и на юго-восток на территорию Хабаровского края в пределы Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (см. рис. 1).

Основное месторождение тренда – золото-серебряное Нежданинское, относящееся к категории сверхкрупных. Рудное поле приурочено к узлу пересечения разнонаправленных систем разрывных нарушений в своде Дыбинской антиклинали, большинство которых (субдолготные северо-западные) конформны простиранию данного тренда и всего Восточно-Якутского пояса. Тектоническую нарушенность пород в его пределах можно считать одним из факторов,

способствующих образованию сверхкрупного месторождения. Благодаря этому сформировались выдающиеся по протяженности и мощности рудные зоны и тела. Сверхкрупный масштаб оруденения обусловлен также длительным периодом его формирования, процессами переотложения и регенерации металлов. Как и на других месторождениях сверхкрупного класса, процесс формирования оруденения был многоэтапным, многостадийным [7].

На северо-западном продолжении тренда размещается весьма крупное по запасам серебра полиметаллическое (Ag, Pb, Zn) *месторождение Прогноз*, приуроченное к своду антиклинали субдолготного простирания, также конформной простиранию всего металлогенического пояса. Рудные тела типа минерализованных зон дробления, весьма выдержанные по простиранию и падению, поперечны или диагональны по отношению к складчатым структурам. Южнее, в Хандыгской металлогенической зоне, также проявлено серебро-полиметаллическое жильное оруденение. На месторождении Хачкачан со средним содержанием Ag до 1 кг/т установлена также ртутная минерализация [8], в том числе серебро-ртутные амальгамы (консбергит и др.).

На юго-восточном продолжении тренда, уже в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса локализуется Хаканджинский рудный узел с основным одноименным месторождением и его спутниками – Озерным и Юрьевским. Месторождения типичны для золото-серебряной формации, неоднократно подробно охарактеризованной А.А.Сидоровым, А.В.Волковым и др. [21 и др.]. В отличие от Нежданинского формировалось оруденение в более ограниченный отрезок времени, здесь не так широко проявлены процессы переотложения и регенерации золота. По масштабу это месторождение среднего класса. Вулканическая постройка, включающая жерловые и экструзивные фации, субвулканические интрузии, как и рудная зона, контролируется протяженным разломом того же северо-западного простирания, что весь тренд и вся минерагеническая система. В составе рудных минералов обращает на себя внимание присутствие киновари.

Издавна отмечалось, что **ртутная специализация** весьма характерна для Восточно-Якутского металлогенического пояса [6, 18 и др.]. Особое внимание этому нами уделяется не из-за народнохозяйственной значимости ртути, которая в настоящее время весьма ограничена и проблематична, а в связи с ее металлогеническим значением.

По мнению многих исследователей, месторождения ртути, как правило, приуроченные к зонам глубинных разломов и вулканогенным поясам, характеризуются ювенильным – подкоровым, мантийным источником металла. Н.А.Озеровой [18] разработана концепция ртутной дегазации Земли («ртутное дыхание»), когда ртуть в потоке флюидов поступает из мантии по

зонам глубинных разломов в период их активизации. Ртуть рассматривается в качестве индикатора участия ртутьсодержащих мантийных флюидов в формировании как рудных, так и газовых и газонефтяных месторождений [19]. Это воззрение отвечает развиваемой авторами данной статьи концепции единых сквозных минерагенических систем, включающих рудные, в том числе ртутно-рудные, пояса и нефтегазоносные структуры в шельфовых морях (море Лаптевых, Северное море).

Авторы проанализировали особенности распределения ртутной минерализации в пределах ВЯМП [4]. Все известные по состоянию на 2012 г. [16] ртутные и ртутьсодержащие месторождения и рудопроявления отчетливо укладываются в два пояса, показанные на рис. 2 как Hg-1 и Hg-2, приуроченные к краевым зонам сектора «В» ВЯМП. Первый ртутно-рудный пояс совпадает с Нижнеяноско-Селенняхской металлогенической зоной и включает около полутора десятков объектов, а второй, насчитывающий до 30 ртутных проявлений, также начинается у Лаптевского побережья и далее к югу совпадает с Неждановско-

Хаканджинским трендом. В породах пояса Hg-2 ртуть накладывается на серебро-полиметаллическую минерализацию и самородное серебро, также образуя серебро-ртутную амальгаму.

В пределах пояса Hg-1 выделяется крупное по запасам ртути месторождение золота Кючус, характеризующееся распространением минералов ртути, в том числе золотортутных амальгам, при бедных содержаниях этого металла (0,03%). В поясе Hg-2, прослеживающемся вдоль западной границы ВЯМП, располагается собственно ртутное месторождение диккит-киноварного минерального типа Звездочка с высоким средним содержанием металла около 1,5% [16]. Считая ртуть индикатором глубинности процесса рудообразования, можно отнести краевые зоны ВЯМП с охарактеризованными ртутными поясами к его наиболее глубинным частям, коррелирующим с главными рифтовыми структурами Западно-Лаптевской синеклизы континентального шельфа и всей Гаккель-Лаптевоморско-Восточноякутской сквозной океанически-континентальной минерагенической системы.

Между двумя краевыми ртутными поясами ВЯМП

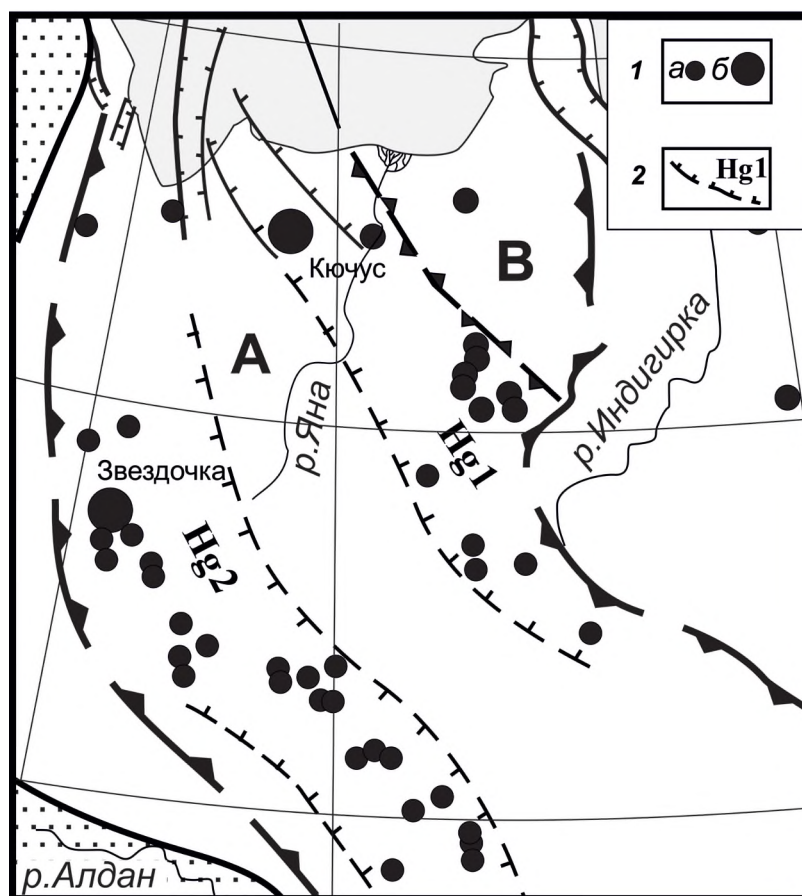


Рис. 2. Схема размещения проявлений ртути Восточно-Якутского металлогенического пояса:

1 — рудопроявления (а), месторождения (б) ртути; 2 — ртутно-рудные пояса и их границы; см. услов. обозн. к рис. 1

располагается Тарынская (Адыча-Тарынская) металлогеническая зона с преобладающей позднемел-палеогеновой золото-сурьмяной минерализацией (месторождения Сарылах, Сентачан и др.). Авторы продлевают эту зону далее к северо-западу от месторождения Сентачан, включая в нее Билляхское золотосурьмяное месторождение, по минеральному составу и структурным особенностям не отличающееся от других. Из рис.1 видно, что эта центральная металлогеническая зона ВЯМП, как и две периферийные, отчетливо трассируется в сторону рифтогенных структур шельфа. То есть эту зону и расположенные в ней тектонические нарушения также можно связывать с континентальным продолжением одной из ветвей системы крупноамплитудных сбросов и сбросо-сдвигов на шельфе в пределах Западно-Лаптевской синеклизы.

Сурьмяная минерализация Адыча-Тарынской зоны во времени предшествует ртутной и имеет менее глубокий источник, что неоднократно охарактеризовано в литературе [8, 9, 12 и др.]. В частности, В.П.Федорчук рассматривает зону в качестве глубинного разлома с мощностью шва порядка 4–6 км, а всей зоны, включая внедрившиеся интрузивные тела и пояса даек – десятки километров. По мнению ряда авторов, Адыча-Тарынская зона претерпела молодую сдвиговую активизацию в связи с повторной субдукцией Удско-Мургальской дуги и субдукцией со стороны Охотоморской плиты [11].

Особую роль в локализации оруденения постаккреционного этапа играют участки пересечения металлогенических зон Восточно-Якутского пояса с Охотско-Чукотским вулканогенным поясом, так как в этих местах происходит наложение (интерференция) геологических и металлогенических процессов в обеих глобальных структурах. Соответственно существенно меняется, усложняется состав рудных формаций, что отмечалось и ранее [9]. Так, в Нежданинском рудном узле, помимо сверхкрупного одноименного золото-серебряного месторождения, в пределах Дыбинского гранитного штока локализуются молибденит-кварцевые и золотовисмутовые штокверки. К северу от Нежданинского расположено Верхнеменкеченское серебро-полиметаллическое жильное месторождение, а к юго-востоку от него и Дыбинского гранодиоритового штока с приближением к ОЧВП получают распространение жильные сереброносные касситерит-сульфидные месторождения и рудопроявления, которые приобретают преобладающее значение в непосредственном контакте с ОЧВП. Здесь выявлено около двухсот оловополиметаллических месторождений и рудопроявлений (Хаардахское и др.).

На продолжении тренда на территории Хабаровского края, на границе с ОЧВП также наблюдаются разнообразные месторождения и рудопроявления олова (Рыбачий и др.), Pb-Zn-Ag (Джатовское и др.), вольфрама (Сурхо, Широное), а в самом ОЧВП – много-

численные месторождения и рудопроявления золотосеребряной формации, в том числе и охарактеризованное выше Хаканджинское.

Усложнение состава рудных формаций, возрастание масштабов оруденения при приближении к местам пересечения с Охотско-Чукотским вулканогенным поясом характерно и для других металлогенических зон ВЯМП. Исключительно золотосурьмяный металлогенический профиль Адыча-Тарынской металлогенической зоны при пересечении ею перивулканической зоны ОЧВП на территории Магаданской области также усложняется, появляются месторождения других рудных формаций, в частности многочисленные оловорудные (Джелачан, Заманчивое, Тигрец и др.), свинцово-цинковые (Булунга, Тектоническое). Здесь же локализовано сверхкрупное Наталкинское месторождение золота. Его основная рудоконтролирующая структура – региональный Тенькинский разлом северо-западного простирания с шириной зоны около 1 км, конформный простиранию всего металлогенического пояса, в связи с чем Адыча-Тарынскую зону называют также Адыча-Тенькинской. Сопровождающие Тенькинский разлом дайковые пояса шириной 200–400 м также ориентированы в северо-западном, северо-северо-западном направлении.

Помимо Наталкинского, на продолжении Адыча-Тарынской металлогенической зоны в перивулканической зоне ОЧВП известны и другие месторождения золота Тенькинского района – Дегдекан, Павлик, Родионовское и др., образующие золоторудный тренд того же северо-западного простирания. Отметим, что на схеме размещения крупных месторождений золота и серебра Северо-Востока России [10] показана приуроченность Наталкинского месторождения к пересечению перивулканической зоны ОЧВП с рифтовой структурой, примерно соответствующей осевой части Восточно-Якутского пояса, хотя этот факт не был прокомментирован.

Участок пересечения Нижнеянской-Селеннянской металлогенической зоны с перивулканической зоной Охотско-Чукотского пояса, как и в двух предыдущих случаях, характеризуется усложнением состава рудных формаций. В зоне пересечения, которая переходит из Якутии на территорию Магаданской области, наряду с сохранением золоторудной специализации, появляются месторождения других металлов – олова (Буревестник и др.), цинка (Ясное). К настоящему времени здесь не выявлены крупные месторождения золота, однако перспективы их обнаружения представляются весьма значительными.

Выводы проделанного исследования сводятся к следующему:

1. Внутреннее строение Восточно-Якутского металлогенического пояса должно рассматриваться во взаимосвязи со структурой прилегающей части Лаптево-морского шельфа. Именно там могут находиться «ключи»

к расшифровке важных элементов геологической структуры и металлогении континентальной Якутии.

2. Разлом Лазарева как на шельфе, так и его продолжение на континенте разделяют два кардинально отличных металлогенических сектора ВЯМП – Северо-Восточный и Юго-Западный, различающиеся своим металлогеническим профилем, структурным контролем, морфологией рудных тел.

3. К континентальному продолжению основных рифтов шельфа можно отнести три металлогенические (структурно-металлогенические) зоны (тренды) в пределах Восточно-Якутского металлогенического пояса (с востока на запад): 1) Нижнеянско-Селенняхскую, 2) Тарынскую (Адыча-Тарынскую) и 3) Нежданинско-Хаканджинский структурно-металлогенический тренд вдоль западной границы ВЯМП.

4. Краевые металлогенические зоны (тренды) характеризуются ярко выраженной ртутной специализацией. Учитывая роль ртути как индикатора глубинности источников рудного вещества, это можно считать дополнительным фактором в пользу принадлежности ВЯМП к единой минерагенической системе совместно с глубинными структурами СОХ Гаккеля и рифтами моря Лаптевых.

5. Исключительно важное металлогеническое (и поисковое) значение имеет область пересечения двух глобальных магмо- и рудогенерирующих структур – Восточно-Якутского пояса как части Гаккель-Лаптево-морско-Восточноякутской сквозной океанически-континентальной минерагенической системы и Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Именно на пересечении металлогенических зон ВЯМП с перивулканической областью ОЧВП наблюдается наибольшее разнообразие рудно-формационных типов месторождений, а также локализация уникальных по масштабам месторождений золота – Нежданинского и Наталкинского. Особое внимание при дальнейших поисково-разведочных работах следует уделить району пересечения Нижнеянско-Селенняхской металлогенической зоны с ОЧВП, где возможно выявление крупных (возможно и сверхкрупного) золоторудных месторождений. Следует также провести оценку глубоких горизонтов Хаканджинского месторождения, где в терригенном фундаменте возможно развитие крупнообъемного золотого оруденения. Такая возможность для Северо-Востока России отмечалась А.А.Сидоровым [20] на примере золотосеребряного месторождения Хисикари в Японии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев С.И. Минерагеническая карта Мирового океана (1:15 000 000). – С.Пб.: ВНИИОкеангеология, 2008.
2. Антонов А.Е. Минерогения сквозной океанически-континентальной системы Якутии / Мат-лы Всероссийской научно-практической конференции. Т. 1. – Якутск. 2012. С. 21–26.
3. Антонов А.Е. Главный Европейский Серебряный пояс – фрагмент глобальной рудоконтролирующей структуры земной коры // Геология рудных месторождений. 1986. № 6. С. 23–30.
4. Антонов А.Е., Гамянин Г.Н. Особенности металлогении и минералогии ртути Восточной Якутии / Мат-лы Всероссийской научно-практической конференции. – Якутск, 2015.
5. Волков А.В. Закономерности размещения и условия формирования золоторудных месторождений в зонах тектономагматической активизации Северо-Востока России // Геология рудных месторождений. 2005. Т. 47. № 3. С. 211–229.
6. Галкин М.А. Ртутная формация Якутии // Строение земной коры Якутии и закономерности размещения полезных ископаемых. – М.: Наука, 1969. С. 302–308.
7. Гамянин Г.Н., Бортников Н.С., Алпатов В.В. Нежданское золоторудное месторождение – уникальное месторождение Северо-Востока России. – М.: ГЕОС, 2000.
8. Гамянин Г.Н., Горячев Н.А. Близповерхностное оруденение Восточной Якутии // Тихоокеанская геология. 1988. Т. 7. № 2. С. 82–89.
9. Гамянин Г.Н., Горячев Н.А. Позднемезозойская металлогения золота, серебра и сурьмы Северо-Востока Азии // Сборник трудов, посвященный 100-летию Е.А.Радкевич. – Владивосток: «Дальнаука» ДВО РАН, 2008. С. 89–105.
10. Гончаров В.И., Ващилов Ю.Я., Сидоров А.А. и др. Глубинное строение крупных благороднометалльных месторождений Северо-Востока Азии / Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. Под ред. Д.В.Рундквиста. – М.: ИГЕМ РАН, 2004. С. 69–95.
11. Горячев Н.А., Волков А.В., Сидоров А.А. и др. Au-Ag оруденение вулканогенных поясов Северо-Востока Азии // Литосфера. 2010. № 3. С. 36–50.
12. Горячев Н.А., Гамянин Г.Н., Прокофьев В.Ю. и др. Серебро-сурьмяная минерализация Яно-Колымского пояса // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 31. № 2. С. 82–89.
13. Грамберг И.С., Деменицкая Р.М., Секретов С.Б. Система рифтогенных грабенов шельфа моря Лаптевых как недостающее звено рифтового пояса хребта Гаккеля – Момского рифта // ДАН СССР. 1990. Т. 311. № 3. С. 689–693.
14. Грачев А.Ф., Деменицкая Р.М., Карасик А.М. Проблема связи Момского рифта со структурой срединно-океанического хребта Гаккеля // Геофизические методы разведки в Арктике. – Л.: НИИГА, 1971. Вып. 6. С. 48–50.
15. Драчев С.С. Тектоника рифтовой системы дна моря Лаптевых // Геотектоника. 2000. № 6. С. 43–58.
16. Карта полезных ископаемых Республики Саха (Якутия). Масштаб 1:1 500 000. Объяснительная записка. – СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012.
17. Малышев Н.А., Обметко В.В., Бородулин А.А. Оценка перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов Восточной Арктики // Научно-технический Вестник «Роснефть». 2010. № 1. С. 20–28.
18. Озерова Н.А. Ртуть и эндогенное рудообразование. – М.: Наука, 1986.
19. Озерова Н.А. Ртутоносность газовых и газонефтяных месторождений / Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. К созданию общей теории нефтегазоносности недр. Кн. 2. – М.: ГЕОС, 2002. С. 167–171.
20. Сидоров А.А., Белый В.Ф., Волков А.В. и др. Золото-серебряные месторождения и рудные комплексы Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Докл. РАН. 2009. Т. 427. № 6. С. 1–7.
21. Сидоров А.А., Волков А.В., Егоров Е.Н. Эпитермальное золото-серебряное оруденение вулканических поясов

- Северо-Востока Азии // Докл. РАН. 2007. Т. 416. № 4. С. 1–6.
22. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)*. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001.
 23. *Drachev S.S., Kaul N., Beliaev N.V.* Eurasia spreading basin to Laptev Shelf transition: structural pattern and heat flow // *Geophys. J. Int.* 2003. Vol. 152. Pp. 688–698.
 24. *Kristoffersen Y.* Eurasia Basin. The Geology of North America. The Arctic Ocean region // *Geol. Soc. of Amer. Bulder.* 1990. Vol. L. Pp. 365–378.
 25. *Hinz K., Block M., Delisle G. et al.* Deformation of Continental Lithosphere on the Laptev Sea Shelf, Russian Arctic // *Abstracts of III International Conference on Arctic Margins (ICAM III)*. Celle, Germany. 12–16 October, 1998.
 26. *Michael P.J., Langmuir C.H., Dick H.J. et al.* Magmatic and amagmatic seafloor generation at the ultraslow-spreading Gakkel ridge, Arctic Ocean // *Nature*. 2003. Vol. 423. Pp. 956–961.
 27. *Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H. et al.* Phanerozoic tectonic evolution of the Circum-North Pacific // *US Geological Survey Professional*. 2000.

К вопросу о генезисе золотоносных кор выветривания восточного склона Урала

О.А.АГИБАЛОВ, Н.М.РИНДЗЮНСКАЯ, Е.А.ЧЕРЕМИСИНА (Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1)

Приведены аргументы «за» и «против» возможности наложения гидротермально-метасоматических процессов на мезозойскую золотоносную кору выветривания восточного склона северного Урала, при этом отмечена приоритетность гипергенных процессов в формировании месторождений золота мезозоя–кайнозоя.

Ключевые слова: кора выветривания, золото, сульфиды, аргиллизиты, джаспероиды, конвергенция, критерии прогноза и поиска.

Агибалов Олег Анатольевич, agibalovoleg@mail.ru

Риндзюнская Наталия Михайловна

Черемисина Екатерина Алексеевна

To the question about genesis of gold-bearing crusts of weathering within the eastern slope of the Urals

O.A.AGIBALOV, N.M.RINDZIUNSKAYA, E.A.CHEREMISINA

The authors produce arguments pro and contra for a possibility of manifestation of epigenetic hydrothermal-metasomatic processes on the Mesozoic gold-bearing crust of weathering and also note the priority of supergene processes during forming of gold deposits in Mesozoic–Cainozoe. The article is debatable.

Key words: crust of weathering, gold, sulphides, argillization, jasperoids, convergence, forecasting and prognostic criteria.

В последние годы на Урале стали уделять большое внимание вопросам соотношения времени формирования в мезозое золотоносных аргиллизитов и кор выветривания (КВ). Проблема возможной временной сопряженности рудного и корообразовательного процесса или их чередования во времени не нова. Она обсуждалась на ряде золоторудных объектов Алдана, Тянь-Шаня, Дальнего Востока и других регионов, испытавших неоднократную тектономагматическую активизацию и корообразование в мезозое и кайнозое [7, 19].

Проблема соотношения этапов формирования мезозойских аргиллизитов и кор выветривания привлекла внимание авторов в начале 1990-х годов, когда при разведке Воронцовского месторождения были вскрыты низкотемпературные гидротермально-метасоматические образования – *золотоносные аргиллизиты*. По ним, также как и по другим типам руд и рудовмещающим горным породам в мезозое была образована мощная зона окисления. При этом представлялось неясным следующее: аргиллизиты образовались до корообразования, или их формирование совпадало по времени с этапами корообразования?

Воронцовское золоторудное месторождение было открыто в 1980-е годы. В результате его геологического изучения Б.А.Гладковским, В.Н.Бобровым, В.Н.Хрыповым, Л.П.Карман, Л.В.Сургановым, К.П.Савельевой, Р.О.Берзоном, А.А.Черемисиным, а также авторами данной публикации, стало очевидным, что золотые ру-

ды месторождения полигенны и полихронны.

Первичными рудовмещающими породами являются мраморизованные известняки и вулканогенно-осадочные породы (D_1 – D_2), на контакте которых образованы брекчированные известняки в туфогенном цементе. Неоднократно проявленная в палеозое и мезозое тектономагматическая активизация и становление крупного интрузивного массива, способствовали проявлению разновозрастных гидротермально-метасоматических изменений, в том числе более поздних низкотемпературных аргиллизитов и джаспероидов [15, 17]. Выделяется несколько типов золоторудной минерализации: основной представлен зонами прожилково-вкрапленной минерализации золотосульфидной формации пирит-арсенопиритового и реалгар-аурипигментного минеральных типов и золотоносными аргиллизитами. Главные рудные тела локализованы в зоне тектонического контакта известняков и вулканогенно-осадочных пород. На площади месторождения широко развиты мезозойско-кайнозойские площадная и линейные коры выветривания. Гипергенные руды приурочены к линейным корам выветривания [13, 14]. Мощности коры выветривания в линейных зонах составляют от десятков до 200 м и более. Наиболее зрелые горизонты коры выветривания сохранились в карсте, где они представлены охристо-глинистыми рыхлыми образованиями. Пёстрый литологический состав первичных пород и руд, сложная структурно-геологическая обстановка, обусловленная разломами и сдвиго-надвигами, карстом,

привела к неоднородному строению зоны окисления и сочетанию нескольких морфологических и минералогических типов кор выветривания. В наиболее зрелых горизонтах, образованных по силикатным породам, формировались лимонит-каолиновые коры выветривания, по брекчевидным известнякам – выветрелые обломки мраморизованных известняков, «плавающие» в глинистом заполнителе. По известнякам формировался карст, выполненный перемещенными (без признаков переотложения) или переотложенными корами выветривания с присутствием брекчий карбонатных пород и «мусорных глин» (рис. 1).

В коре выветривания месторождения было сосредоточено до 30% запасов золота с содержаниями от 3 до 7 г/т.

В коре выветривания и аргиллизитах широко представлены конвергентные минералы, в том числе глинистые, но генезис тех и других различен. Аргиллизиты формируются восходящими из глубин Земли к её поверхности низкотемпературными гидротермами и газами. Коры выветривания формируются в зоне окисления в условиях нисходящей фильтрации атмосферных и грунтовых вод, насыщенных кислородом, углекислым газом, органическими кислотами, биогенным материалом и др. В пределах рудных полей окислительно-восстановительные процессы усиливаются под воздействием рудничных вод, сернокислых растворов и др.

В аргиллизитах, в отличие от КВ, присутствует комплекс минералов устойчивых и неустойчивых к процессам выветривания: глинистые минералы, полевые шпаты, неокисленные (свежие) сульфиды.

Золотоносные аргиллизиты и золотоносные коры выветривания имеют ряд конвергентных признаков и ряд существенных геолого-минералогических отличий, подробно описанных О.В.Андреевой с соавторами, О.Н.Грязновым, К.П.Савельевой, Д.А.Костроминым [6] и авторами данной публикации при участии Р.О.Берзона на примере Воронцовского месторождения [12].

При документации керна скважин граница между аргиллизитами и зоной их окисления определяется достаточно четко по появлению окисленных сульфидов и изменению цвета породы – от белесо-серого, зеленовато-серого в первичных аргиллизитах до беложелтого с присутствием пятен и тонких прожилков и вкрапленников лимонита.

Время формирования аргиллизитов Северного Урала определить довольно сложно. Предполагается их мезозойский возраст в большом диапазоне. С учетом структурно-геологических критериев и величины послепермского денудационного среза (>1000 м), с мезозойским возрастом можно согласиться, тем более, что это подтверждается определением абсолютного возраста подобных образований на Южном Урале [6].

Авторы предполагают, что наиболее благоприятные условия для низкотемпературных гидротермальных

процессов создавались в T_{1-2} . При этом в нижнем триасе не было подходящих условий для формирования коры выветривания, которая стала активно развиваться в T_3 в связи с увлажнением климата и полной пенеппенизацией территории [18]. При такой временной позиции аргиллизитов (T_{1-2}) и коры выветривания (T_3), кора выветривания оказалась более поздней, и *наложилась* на все выведенные в зону гипергенеза горные породы и руды от раннего палеозоя до триаса, но сама не подвергалась гидротермальным изменениям.

Не исключено, что помимо T_{1-2} тектономагматическая активизация неоднократно проявлялась на протяжении мезозоя [2–5, 12].

Кора выветривания продолжала формироваться на протяжении нескольких этапов мезозоя и кайнозоя. В этот же отрезок геологического времени на территории восточного склона Урала проявлялись дифференцированные прерывистые тектонические движения наибольшей амплитуды (± 200 м). Поэтому нельзя исключать, что помимо раннего триаса, тектономагматическая активизация могла проявляться в юре–мелу, как это утверждает В.В.Александров. Тем не менее, с точки зрения авторов данной статьи, надежно доказывается только проявление тектонической активизации, что подтверждается геологическим строением осадков юры и мела и структурой хорошо изученных древних россыпей, свидетельствующих о повторяемости тектонических подвижек разного знака. Это подтверждается: 1) неоднократной сменой в разрезах юры и мела галечников на тонкозернистые пески, вверх по разрезу переходящие в озерные или морские глины; 2) явными следами древних разновозрастных эрозионных врезов, меняющих свое положение во времени и пространстве; 3) многопластием древних россыпей; 4) признаками эпигенетической разрывной тектоники, наблюдаемыми в разрезах КВ и россыпей.

В этапы усиления темпов тектонических движений в мезозое происходило формирование эрозионно-структурных депрессий [5, 12, 18].

Активизация тектонических движений в мезозое–кайнозое позволяет только предполагать возможность возобновления близповерхностных гидротермальных процессов в средне-поздне-мезозойское время. Образования линейных кор выветривания достигают глубины 50–300 м. При таких глубинах проникновения окислительных процессов могло происходить совмещение восходящих близповерхностных гидротермальных вод с нисходящими вадозными, а ранее сформированная кора выветривания могла подвергаться воздействию как продолжающихся экзогенных процессов, так и гидротермальных.

Косвенным признаком активизации магматических процессов может быть широкое распространение купольно-кольцевых структур и кольцевых разломов разных рангов. Они дешифрируются на космо- и

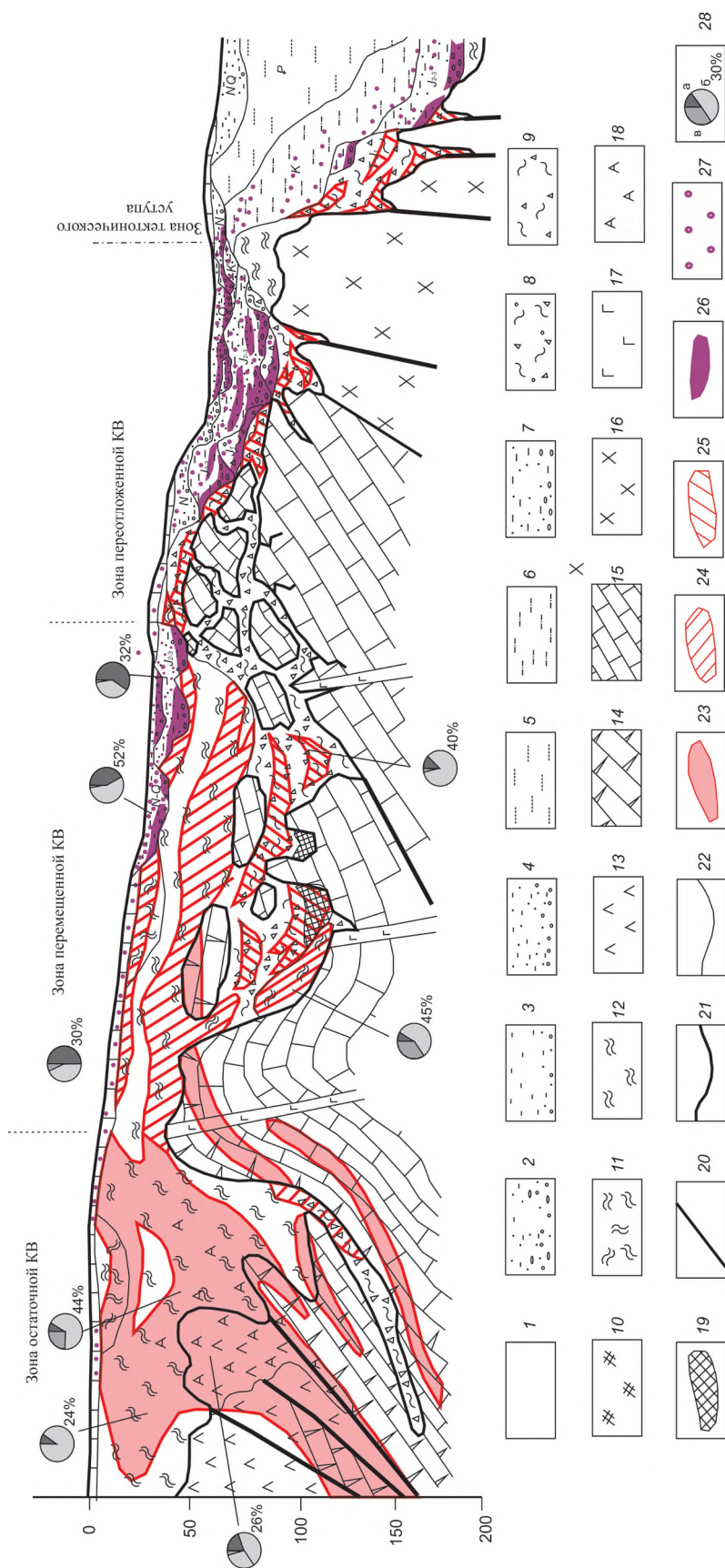


Рис. 1. Типовой разрез эволюционно-генетического ряда эндогенные руды—золотоносные коры выветривания—россыпи Кrasнотурьинской металлогенической зоны (Северный Урал). Составлен с использованием данных Воронцовской ГРП и ФГУП ЦНИГРИ;

отложения: 1 – делювиальные, Q, 2 – аллювиальные, Q, 3 – озерно-аллювиальные и болотно-озерные, N-Q, 4 – аллювиально-пролювиальные и аллювиальные, N; 5 – палеоневые прибрежно-морские и морские, P; 6 – меловые аллювиально-озерные и прибрежно-морские, K, 7 – озерно-аллювиальные (песчано-гравийные глины) и аллювиальные (глинистые кварцевые пески и галечники), лангурская свита, J₁₋₃; 8–10 – перетолженные продукты коры выветривания: 8 – элювиально-делювиальные и делювиально-пролювиальные отложения – глинисто-обломочные, плохокатанные с проявлениями эпигенетического выветривания, предлангурский горизонт, J₁₋₂; 9 – делювиально-карстовые глинисто-обломочные отложения, T-I, в том числе заполняющие карстовые каналы, 10 – участки ожелезнения; 11–12 – кора выветривания глинистая (охристо-каолинт-гидрослюдастая) остаточная и перемешанная по склону крупными блоками, без следов перетолжения: 11 – бесструктурные пестроцветные глины с участками оолитового строения, 12 – структурные глины, в нижних горизонтах с преобладанием щебня крепких пород; 13–15 – породы плотика, D₁₋₃; 13 – андезитовые порфириты, туфы, туфопесчаники, туфалевролиты, 14 – брекчиевидные известняки, 15 – известняки; 16 – породы интрузивного комплекса габбро-диорит-плагиогранитной (D₁₋₂) и габбро-диорит-гранодиоритовой (D₂₋₃) формаций; 17 – дайки основного состава, D-C; 18 – метасоматиты формации артиллитов; 19 – бурые железняки; 20 – тектонические нарушения; 21 – нижняя граница коры выветривания; 22 – литологические границы; 23–25 – рудные тела (золотоносные пласты); 23 – эндогенные в скальных породах (карбонатных и силикатных) и гипергенные в остаточной коре выветривания, 24 – гипергенные перемешанные по склону и в карстовой депрессии, 25 – гипергенные перетолженные в карсте; 26 – россыпи гипергенные в остаточной коре выветривания; 27 – россыпи нетрадиционные (с тонким и тонкодисперсным золотом); 28 – формы нахождения золота по результатам технологических испытаний с мелким и тонким золотом; 29 – россыпи нетрадиционные (с тонким и тонкодисперсным золотом); 28 – формы нахождения золота по результатам технологических испытаний с мелким и тонким золотом; 27 – россыпи нетрадиционные (с тонким и тонкодисперсным золотом); 28 – формы нахождения золота по результатам техно-

аэрофотоснимках, топографических картах. Часть купольно-кольцевых структур, по-видимому, относится к нескрытым интрузивным массивам мезозоя.

Таким образом, не отрицая саму возможность проявления эпигенетической аргиллизации на образованиях коры выветривания мезозоя, найти надежных геолого-минералогических критериев подобной сопряженности гидротермальных и гипергенных процессов авторам не удалось.

В качестве признаков наложения более поздних рудно-метасоматических процессов на мезозойские коры выветривания и продукты их переотложения О.Б.Азовской с соавторами [2, 3] и В.В.Александровым [4] приводится ряд доказательств, которые у авторов статьи вызывают сомнения. Следует учитывать, что гидротермальная аргиллизация и корообразование являются процессами, обусловленными низкотемпературным близповерхностным метасоматозом и, несмотря на генетические различия, имеют ряд *конвергентных* признаков. В связи с чем критерии и признаки сопряженности эндогенных и экзогенных процессов, перечисленные О.Б.Азовской и другими, могут иметь двойное толкование. Необходимо также иметь в виду нижеследующее:

в денудационном срезе на уровне современной поверхности могут быть вскрыты разные зоны аргиллизитов и гипергенного профиля КВ. Если отсутствует возможность изучения полного разреза, можно ошибиться при определении генезиса рыхлых образований. Например, на Урале широко распространены коры выветривания неполного профиля, представленные нижними «не зрелыми» горизонтами – зонами дезинтеграции и, частично, структурных глин. Эти переходные зоны КВ несут черты сходства как с гипогенными, так и с гипергенными образованиями. Характерно сочетание *неустойчивых и устойчивых к выветриванию минералов*. Если не видеть полного разреза и характера перехода гипергенных преобразований в зоне окисления, то трудно определить последовательность событий – кора выветривания наложилась на гидротермальные метасоматиты, или последние проникли в кору выветривания и являются более поздними.

Состав выветривающихся продуктов как по латерали, так и по вертикали неоднороден литологически и по ряду других свойств: пористости, трещиноватости, содержанию рудогенных минералов, проницаемости для грунтовых вод и др. Неравномерная устойчивость горных пород к выветриванию создает неоднородную среду в коре выветривания. Например, среди горизонтов структурных и бесструктурных глин, могут сохраниться блоки слабо выветрелых пород в виде крепких обломков, щебня, а в карстовых зонах могут сохраниться своды пещер, галерей и др.

Рассмотрим версию О.Б.Азовской с соавторами по ряду признаков наложения более поздних эндогенных рудно-метасоматических процессов на мезозойские

коры выветривания и покажем возможность их иного толкования с учётом гипергенных процессов:

1. Критерии внедрения аргиллизитов в кору выветривания по версии О.Б.Азовской и др.: а) присутствие в коре выветривания новообразованного золота; б) большие вариации пробности золота; в) преобладание мелкого золота и свободных его форм.

В коре выветривания встречаются остаточные золотины – реликты «рудного» золота, в разной степени изменённого гипергенезом или с отсутствием изменений, что характерно для нижних зон коры выветривания. Как широко известно, для коры выветривания типично присутствие остаточного и новообразованного гипергенного «хрупкого» золота. Количество последнего особенно увеличивается в зрелых горизонтах коры выветривания и коры выветривания карстовых зон. Новое золото, по данным Л.А.Николаевой [9], С.В.Яблоковой [11] и М.И.Новгородовой [10], отложившееся в результате ремобилизации в экзогенном цикле, разнообразно по форме выделений: эмульсионные, сферические, глобулярные, колломорфные и др. Геохимические барьеры имеют большое значение в осаждении нового гипергенного золота. Именно в их пределах отмечаются повышенные концентрации «хрупкого» золота.

Подобное золото в виде наростов на остаточном золоте, в трещинах глинистых минералов и гидроксидов Fe, Mg, на органических остатках неоднократно наблюдалось в корах выветривания Урала и в древних и четвертичных россыпях.

Гипергенное золото отличается разнообразием морфологии его выделений: тонкие пленки, чешуйки, отдельные глобулы или их цепочки и скопления, мелкие кристаллы.

Гипергенное золото установлено в коре выветривания, юрских и меловых осадках, выполняющих Актайскую депрессию. Оно представлено, по данным С.В.Яблоковой, агрегатами губчатой ажурной формы, состоящими из нитевидных ажурных кристаллов и серебристых дендритоидов нового золота.

2. Преобладание свободного золота характерно и для коры выветривания, и для низкотемпературных гидротермальных метасоматитов. В горизонтах бесструктурных глин наблюдаются ассоциации золота с гипергенными минералами (с гидроксидами железа и марганца, каолинитом, гидрослюдами), но в менее зрелых горизонтах можно встретить остаточное золото в ассоциациях с окисленными и неокисленными сульфидами, карбонатами, с гипогенным кварцем.

3. Присутствие серебросодержащего золота в коре выветривания не является обязательным признаком проявления гидротермального процесса, особенно если среди коренных источников золота присутствуют минерализованные зоны с повышенными содержаниями серебра. На Воронцовском месторождении в контактово-карстовой коре выветривания по серебросодержащим

рудам наблюдались гипергенные глобулярные выделения электрума, а в коре выветривания Екатерининской площади были обнаружены гипергенные натечные агрегаты золота с внешней оболочкой серебра до 20% и с внутренней оболочкой высокопробного золота, размером 12,9×30 мкм [12–14].

Различная пробность золота определена в гипергенном сростке размером 17×10×10 мм из переотложенной коры выветривания Каталамбинского месторождения. По типоморфным особенностям в нем выделяются два типа золота: 1) остаточное, в виде комковидных выделений, размером >0,1 мм; 2) новообразованное – губчатое, натечное, обохренное. Сросток состоит из окисленного трещиноватого магнетита и корродированного остаточного золота (990‰). По определению Л.А.Николаевой сросток «оброс» гидроксидами железа, нитевидные трещины которых заполнены высокопробным кристаллическим гипергенным золотом, а на поверхности сферолитов мартита образовались глобулы, пленки, пластины до 5 мкм серебросодержащего золота (содержания серебра от 2,5 до 10%) и кристаллов гипергенного акантита (рис. 2).

Более позднее исследование среза сростка, выполненные С.В.Яблоковой, показали, что внутри гипергенной корки гидроксидов железа сохранилось остаточное

золото без следов изменений.

Этот сросток является дополнительным свидетельством сонахождения в коре выветривания остаточного и гипергенных золота и серебра, гидроксидов железа, окисленного магнетита и обломочного кварца.

Хорошо ограненные кристаллы золота не являются критерием только гидротермальных процессов, они также представляют типичные образования вторичного золота, на что указывают Р.Монти, М.Лоуренс, М.И. Новгородова и др. Важный отличительный признак гипергенного происхождения – ассоциации золота с гипергенными образованиями.

Несмотря на изменения внутренней структуры, морфология зерен остаточного рудного золота может сохраняться, особенно в нижних горизонтах коры выветривания. Аналитические исследования показали, что снизу вверх по разрезу коры выветривания характерен ряд последовательных, глубоких изменений [12, 14]. Вместе с тем, даже в зрелых горизонтах коры выветривания встречаются единичные золотины со следами слабых гипергенных изменений, или полного их отсутствия в случае закапсулированного положения золота в других минералах.

Процессы изменения остаточного золота и образование нового золота характерны и для россыпей. В

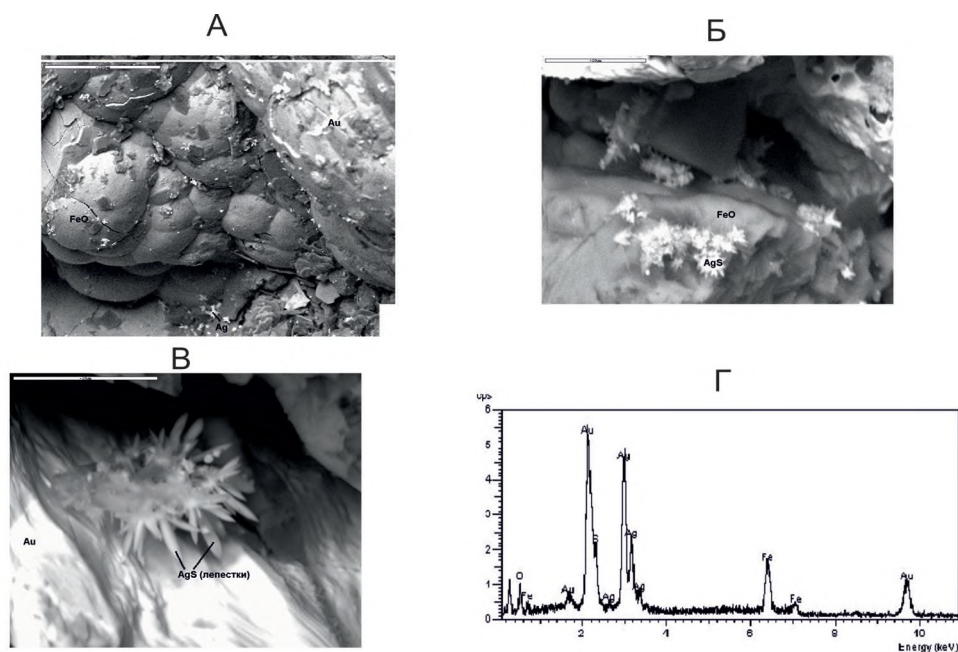


Рис. 2. Внешняя оболочка гипергенного сростка гидроксидов железа, золота и серебра (месторождение Каталамбия, Приполярный Урал):

А – гипергенные выделения золота на радиально-лучистых агрегатах гидроксидов железа; Б – кристаллы акантита на субстрате гидроксидов железа и золоте; В – деталь снимка Б: сросток золота с гидроксидами железа; золото двух фаз: более низкопробное (серое) с ступенчатыми скульптурами роста; высокопробное с зонами и глобулами низкопробного золота и минералами серебра (акантит); Г – энергодисперсионный спектр золота, показанного на фото В; фотографии выполнены на растровом электронном микроскопе В.К.Гараниным, Г.П.Кудрявцевой, А.В.Моховым

тоже время очень часто в древних россыпях и тем более в четвертичных, присутствует золото рудного облика. Причины разные и большинство из них не связаны с эпигенетическим эндогенным рудным процессом.

4. Преобладание тонкого и тонкодисперсного золота характерно как для гидротермальных аргиллизитов, так и для кор выветривания. И в тех, и в других почти всегда присутствует какое-нибудь количество связанного золота. В коре выветривания и россыпях связанное золото не является критерием гипогенно-гипергенного генезиса. В коре выветривания и россыпях связанное золото может быть как остаточным, так и вторичным. Например, в неогеновом пласте Среднечапинской россыпи, представленном галечниками и песками с гипергенным ожелезнением, золото, размерами от 0,15 мм, составляющее 90%, было закапсулировано в ожелезненном кварцевом песке и, главным образом, оолитах гидроксидов железа, то есть его связывание происходило в результате гипергенного процесса.

5. На Екатерининской площади в коре выветривания в 2003 г. было выявлено золотое оруденение, представленное наклонно и круто залегающими минерализованными зонами, промышленные содержания в которых установлены, главным образом, в границах кор выветривания. Кроме того, в погребенной карстовой депрессии были выделены юрские глинистые сидеритизированные галечники с горизонтальной «рудной залежью». По версии А.А.Александрова и А.Г.Бараникова [4, 5] рудные тела в коре выветривания и континентальных юрских осадках связаны с мезозойским метасоматозом аргиллизитовой формации. Эти выводы вызывают сомнение из-за неоднозначности ряда критериев. Например, как одно из доказательств гидротермального генезиса «рудной залежи» в аллювии приводятся данные об исключительном присутствии тонкого и тонкодисперсного золота рудного облика в приплотиковой части юрского аллювия. Но можно предположить и другой вариант – «рудная залежь» имеет россыпной генезис. Дело в том, что тонкое и тонкодисперсное золото в россыпях не меняет морфологии, не поддается окатыванию и истиранию, так как обладает высокими флотационными способностями [9].

Поступление золота в россыпь может быть связано с местными коренными источниками – окварцованными известняками D_{1-2} , содержащими свободное золото. Они расположены в плотике и борту Екатерининской россыпи. Приведенная В.В.Александровым характеристика золота в «рудной залежи» россыпи соответствует тонкому и пылевидному золоту, выделенному ранее из протолок известняков в плотике россыпи [12, 13]. Попадая в россыпь, золотины из-за малых размеров не окатывались, сорбировались смешанно-слоистыми минералами типа гидрослюда-монтмориллонит.

Екатерининская россыпь расположена на низком

пенеплене, в депрессионной зоне которого происходило быстрое погребение осадков. Юрский пласт оказался ниже палеоуровня грунтовых вод, в восстановительной среде не происходило гипергенных изменений золота, или они проявлялись слабо. Высокие содержания глинистых минералов в юрском пласте россыпи, скорее всего, связаны с экзогенными процессами – россыпь явно формировалась за счет размыва и переотложения коры выветривания. Свидетельством перемыва является включение окатанного материала. Срастание золота с глинистыми минералами типично как для кор выветривания, так и для россыпей, в которых этому процессу способствует гетерокоагуляция, проявляющаяся в высокоглинистых осадках.

6. Широкое участие в шлихах из КВ и осадочных толщ мезозоя Екатерининской площади сидерита, а также окисленного пирита, марказита, гидроксидов железа сторонники аргиллизации рассматривают исключительно как критерий гидротермальных процессов. Но все перечисленные минералы могут иметь аутигенное происхождение.

Екатерининская депрессия в рельефе мезозоя–кайнозоя была выражена в виде заболоченной аккумулятивной равнины, низменные пространства которой периодически затоплялись морем. В трансгрессивные этапы прadolины рек испытывали затрудненный сток, заозеривались, широкие поймы заболачивались. В осадочной толще преобладали восстановительные глеевые условия среды, что благоприятствовало образованию аутигенных минералов. В подобных условиях в ряде районов пенеплена в тяжелой фракции шлихов преобладает сидерит до 90%, а в сероводородной восстановительной среде формируются аутигенные неокисленные сульфиды.

В мезозойско-кайнозойской осадочной толще Екатерининской, Чапинской депрессии часто встречаются органические остатки, на которых наблюдаются наросты сульфидов, явно аутигенного происхождения.

Широкое развитие пирита мелких сложных форм можно объяснить условиями гипергенеза. Например, по данным Е.М.Брадинской, тонкозернистые сульфиды выполняют различные органогенные образования, напоминающие фрагменты органических остатков. Сульфиды серповидной, трубчатой, сигмовидной, трапецевидной, жгутикообразной, ветвистой форм обнаруживают сходство со спикулами губок, радиолярий, различных водорослей.

Осадочно-диагенетический генезис агрегатов пирит-марказитового состава юрско-меловых осадков Актайской депрессии установлен исследованиями Центрального научно-исследовательского института цветных и благородных металлов и подтвержден изотопным анализом серы (О.А.Агибалов, Т.П.Зубова и др., 2014).

Высокие содержания железистых карбонатов и сульфидов в коре выветривания и высокоглинистых россыпях могут быть связаны с аутигенным образо-

ванием в условиях заболоченности, характерных для ряда рудно-россыпных узлов низкого пенеппена восточного склона Урала. Скопления новообразованных кристаллов марказита на техногенных отвалах россыпи р. Екатерининка достаточно убедительно свидетельствуют об аутигенном генезисе марказита.

Широко известно также формирование зон вторичного сульфидного обогащения в коре выветривания, образованной по густовкрапленным сульфидным зонам.

Повышенные концентрации золота в аутигенных сульфидах и карбонатах связаны с повышенными концентрациями Au, Ag, Fe, CaCO_3 , S в рудничных водах, циркулирующих в пределах минерализованных зон.

7. К критериям тектономагматической активизации позднего мезозоя относят Чернореченский позднеюрский сдвиг-надвиг, в пределах которого К.П.Савельева и Д.А.Костромин выделили зону золоторудных аргиллизитов среди осадочных пород базальт-трахиандезитовой формации (D_1 – D_2). В верхней части разреза вулканитов выделена кора выветривания, представленная щебнистыми и щебнисто-дресвяно-глинистыми образованиями зоны дезинтеграции. На коре выветривания залегают юрские галечники, пески, глины, сверху перекрытые техногенными образованиями отработанной Чернореченской россыпи (J_{2-3} , Q).

В восточной части площади выделен блок выветрелых девонских туфоандезитов с линзой юрских осадков, представляющий собой аллохтон надвига, который полого надвинут на отложения юры.

Сдвиг-надвиг позволяет определять возраст тектонических подвижек послееюрским.

Из рудного интервала аллохтона была отобрана технологическая проба, по результатам анализа которой щебнистые образования коры выветривания можно отнести к зоне дезинтеграции, так как почти отсутствуют глинистые минералы. Вместе с тем золото подвергалось интенсивной коррозии, имеются наросты вторичного золота, по халькопириту развиваются вторичные минералы меди, то есть проявлены гипергенные изменения, характерные для более зрелых кор выветривания (рис. 3).

Сонахождение в коре выветривания слабо выветрелого дресвяно-щебнистого материала, слабо окисленных сульфидов, полевых шпатов с интенсивно измененным гипергенным золотом и вторичными сульфидами меди, *присутствие окатанного золота* вызывает предположение о возможно частичном переотложении материала коры выветривания в аллохтоне, причем с «захватом» переотложенных юрских золотосодержащих осадков.

При внимательном анализе материалов, вопрос о наложении гидротермальных аргиллизитов на аллохтонный блок сдвиг-надвига не решается однозначно. Не исключено, что этот процесс был связан

с более ранней тектономагматической активизацией (до образования дизъюнктива). Эти предположения основываются на следующем:

промышленные содержания золота определены в основном в КВ аллохтонного блока. В нижележащих окисленных и неокисленных вулканитах автохтона рудные интервалы редки и содержания золота в них низкие, особенно вне зоны окисления. Таким образом, золоторудная зона в аллохтоне практически не имеет корней в автохтоне;

в юрских отложениях, оказавшихся между автохтонным и аллохтонным блоком эпигенетическая аргиллизация не отмечена. Золотоносность традиционных юрской и четвертичной россыпей была связана с известными золотокварцевыми жилами и зоной золотосульфидно-кварцевой минерализации.

Важно отметить еще один момент. В пределах Екатерининского рудно-россыпного узла, также как и Чернореченского, по имеющимся на сегодняшний день данным, промышленные содержания минерализованных зон отмечены только в коре выветривания. Ниже её границы минерализованные зоны имеют убогие содержания и выклиниваются. Причины приводятся разные, но можно предположить еще одну. Вполне вероятно, что минерализованная зона с убогой рассеянной золотоносностью была образована до корообразовательного процесса. Позднее на нее наложилась зона окисления, что привело к гипергенному обогащению золота, как это бывает во многих случаях: Каталамбию (Приполярный Урал), Июньское (Салаир), Самолазовское, Куранах (Алдан), Бодингтон (Западная Австралия) и многие другие.

8. Концентрация редких и редкоземельных элементов, рассеянных в первичных горных породах,

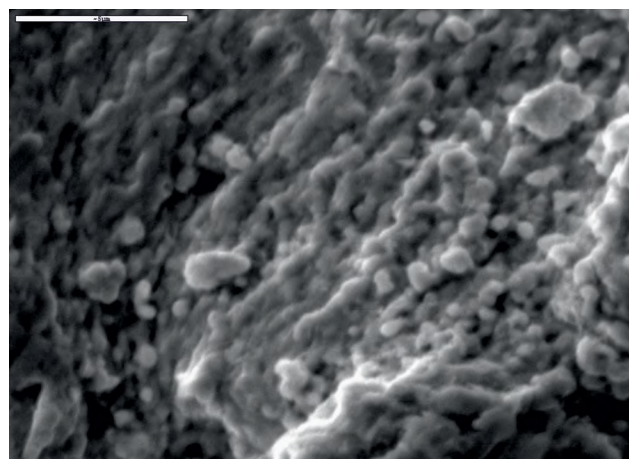


Рис. 3. Глубоко измененное золото коры выветривания Чернореченского участка; нарастание частиц гипергенного золота на остаточное (снято в излучении вторичных электронов)

происходит при гипергенных преобразованиях в результате мобилизации редкоземельных элементов на геохимических барьерах, на органических остатках.

9. Утверждение, что *пластообразная* форма залежи в юрской россыпи Екатерининской площади и корях выветривания Воронцовского месторождения является одним из признаков эпигенетического гидротермального процесса [5], является ошибочным. Рудные тела в коре выветривания могут приобретать форму почти горизонтальной пластообразной залежи. Это может быть связано со вторичными изменениями рыхлых образований в коре выветривания. Например, на Воронцовском месторождении изменение условий залегания наклонных рудных тел до горизонтального положения происходило в коре выветривания за счет медленного сползания ее рыхлого материала по пологому склону (см. рис. 1).

Итак, особенности пульсационного тектонического развития территории, а также факторы, наблюдаемые в нижних горизонтах коры выветривания, и факты, приводимые уральскими коллегами, позволяют задуматься о возможности совмещения на определенных этапах процессов корообразования и гидротермальной аргиллизации–джаспероидизации. Но приводимые минералогические критерии всякий раз могут трактоваться двояко. Трудности, по-видимому, связаны с наличием конвергентных признаков минералов, но главные затруднения вызваны тем, что типоморфные свойства горных пород, минералов и золота мезозойского рудоненеза претерпевают в условиях последующего корообразования глубокие гипергенные изменения.

Во всех случаях предполагаемого внедрения гидротермальных аргиллизитов в коре выветривания мезозоя, мезозойское гипогенное золото, сульфиды, карбонаты и вмещающие их породы должны были претерпеть те или иные гипергенные преобразования, вызываемые агрессивной окислительно-восстановительной средой корообразования.

Корообразовательные процессы позднего мела–палеогена отличались интенсивностью. В неогене они ослабли, но продолжались до раннего квартала. Условия концентрации золота и промышленная ценность месторождения в таком случае определялись, в значительной степени, гипергенными процессами мезозоя–кайнозоя.

Во всех случаях гипергенные процессы изменяли минералогические характеристики рудных месторождений. Золоторудные образования в коре выветривания всегда предопределены эндогенным первоисточником, но промышленная значимость месторождения во многих случаях определяется корообразовательным процессом, за счет повышения концентраций золота, его обогащения, улучшения технологических свойств.

Таким образом, имело место наложение мезозойского рудно-метасоматического процесса на коры

выветривания или нет, поисковые работы должны быть направлены на выявление месторождений золота в корях выветривания, и должен быть применен весь комплекс геолого-металлогенических, геофизических, геохимических и геоморфологических критериев и признаков, необходимый для поиска золотоносных кор выветривания в рудных зонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агibalов О.А., Зубова Т.П., Черемисина Е.А. и др. Древние высокоглинистые россыпи Урала с МТЗ – источник восполнения МСБ благородных металлов // Тезисы докл. литологического совещ. ЦНИГРИ. – М., 2015. С. 34-39.
2. Азовскова О.Б., Малюгин А.А. Критерии и признаки связи золотоносных рудных систем с постколлизийными активизационными процессами в крупных разломных структурах Урала // Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений / Тезисы докл. конф. ИГЕМ РАН. – М., 2014. С. 121.
3. Азовскова О.Б., Баранников А.Г., Смагин И.В., Ровнушкин М.Ю. Полигенная природа окисленных руд Воронцовского золоторудного месторождения (Северный Урал) // Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений / Тезисы докл. конф. ИГЕМ РАН. – М., 2014. С. 120.
4. Александров В.В. Благороднометалльное оруденение нетрадиционного типа Екатерининского рудно-россыпного узла (Северный Урал) // Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Екатеринбург, 2012.
5. Баранников А.Г. Рудоносность заполненного мезозойского карста на Урале: проблемы изучения // Руды и металлы. 2013. № 4. С. 23-29.
6. Грязнов О.Н., Савельева К.П., Костромин Д.А. Золотоносные аргиллизиты Светлинского месторождения и кора выветривания (Южный Урал) // Геология и разведка. 1995. № 5. С. 68–87.
7. Казаринов А.И. Закономерности размещения главных типов золотого оруденения в Алданском районе и принципы их перспективной оценки // Тр. ЦНИГРИ. Вып. 68. – М., 1967.
8. Калинин Ю.А., Росляков Н.А., Прудников С.Г. Золотоносные коры выветривания юга Сибири. – Новосибирск, 2005.
9. Николаева Л.А. Генетические особенности самородного золота как критерии при поисках и оценке руд и россыпей. – М.: Недра, 1978.
10. Новгородова М.И., Генералов М.Е., Трубкин Н.В. Новое золото в корях выветривания Южного Урала (Россия) // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37. № 1. С. 40–53.
11. Петровская Н.В., Яблокова С.В. Золото в корях выветривания // Рудоносные коры выветривания. – М.: Наука, 1974. С. 173–182.
12. Риндзюнская Н.М., Берзон Р.О., Полякова Т.П. и др. Геолого-генетические основы прогноза и поисков месторождений золота в корях выветривания. – М.: ЦНИГРИ, 1995.
13. Риндзюнская Н.М., Полякова Т.П., Берзон Р.О. Мес-

- торождения золота в корях выветривания // Руды и металлы. 1992. № 1. С. 62-69.
14. Риндзюнская Н.М., Полякова Т.П., Бобров В.Н. Геолого-минералогическая характеристика зоны гипергенеза Воронцовского золоторудного месторождения // Руды и металлы. 1995. С. 42–52.
 15. Сазонов В.М. и др. Месторождения золота Урала. – Екатеринбург, 1999.
 16. Харлашин А.П. Гипогенная золото-гематит-кальцитовая формация в Заравшанско-Гиссарской области (Южный Тянь-Шань) // Рудоносные формации зоны гипергенеза / Тезисы докл. всесоюз. совещания, 3–5 октября 1990 г. – Л., 1990. С. 44.
 17. Черемисин А.А., Злотник-Хоткевич А.Г. Воронцовское золоторудное месторождение // Руды и металлы. 1997. № 1. С. 59-70.
 18. Шуб В.С., Баранников А.Г., Шуб И.З. и др. Золото Урала // Россыпные месторождения. – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993.
 19. Яблокова С.В. Самородное золото из первичных руд и зоны окисления Куранахских месторождений // Тр. ЦНИГРИ. 1968. Вып. 79. С. 153–162.

Биоморфные структуры в никольской свите неопротерозоя Уринского поднятия (Якутия)

П.Н.КОЛОСОВ, И.Н.ТРОЕГУБОВА (Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН); 677980, г. Якутск, проспект Ленина, д. 39)

Впервые обнаружены и охарактеризованы биоморфные структуры в карбонатных породах никольской свиты неопротерозоя Уринского поднятия. Они похожи на описанные из бокситов и небокситоносных кор выветривания разных регионов мира. На основе этого сделано заключение о том, что отдельные слои карбонатных пород никольской свиты состоят из переработанного глинисто-карбонатного материала коры выветривания. Среди биоморфных структур найдены образования, интерпретируемые как остатки микроорганизмов. Получены дополнительные факты, подтверждающие членистое строение ранее выделенных водорослей рода *Chaptchaica* Kolosov. Хорошую сохранность в известняках остатков микроорганизмов, по-видимому, следует объяснить быстрыми их захоронениями (по причине погружения дна Предпатомского прогиба) и минерализацией (замещением органического вещества солями кальция) после отмирания.

Ключевые слова: известняки, биоморфозы, ультраструктура, микрофоссилии, кора выветривания, неопротерозой, никольская свита, Уринское поднятие.

Колосов Петр Николаевич, p_kolosov@diamond.ysn.ru
Троегубова Инга Николаевна

Biomorphic structures in Nikolskaya formation of the Neoproterozoic Urin upland (Yakutia)

P.N.KOLOSOV, I.N.TROEGUBOVA

Biomorphic structures are discovered and described for the first time in carbonate rocks of Nikolskaya formation of the Neoproterozoic Urin upland. They resemble structures, described from bauxites and non bauxitic weathering crusts from different regions of the world. Based on this data, it is concluded that, some layers of carbonate rocks of Nikolskaya formation consist of reworked clay carbonate material of weathering crust. Formations, interpreted as remains of microorganisms, are found in biomorphic structures. Additional facts, supporting articulate structure of earlier identified *Chaptchaica* Kolosov algae, are obtained. Good preservation of the remains of microorganisms in limestones, probably can be explained by their rapid burials (due to plunge of the Predpatom basin bottom) and mineralization (replacement of organic compound with calcium salts) after dying.

Key words: limestones, biomorphoses, ultrastructure, weathering crust, Neoproterozoic, Nikolskaya formation, Urin upland.

В районе Уринского поднятия (между устьями рек Большой Патом и Джерба) вскрывается один из наиболее полных разрезов неопротерозоя. Он расположен недалеко от нефтегазоносных площадей (Бысахтахского и других месторождений) на юго-западе Якутии. Детальное изучение в нём биоморфных структур, часть из которых интерпретируется как органические остатки, представляет научный и практический интерес. Он объясняется недостаточной изученностью ультраструктуры карбонатных пород неопротерозоя, большой редкостью обнаружения в них остатков жизни, а также необходимостью использования последних в решении стратиграфических задач нефтегазовой геологии Западной Якутии.

Бокситоносные и небокситоносные коры выветривания Австралии, Северной и Южной Америки, Африки, Азии и Европы в 2000–2003 гг. исследованы специа-

ли с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) [7]. В итоге в сотнях образцов этих пород установлены структуры и ультраструктуры, представляющие собой минерализованные органические остатки (биоморфозы), которые часто не удается идентифицировать. Оказалось, что в образцах весьма широко развиты кокковидные и близкие к ним формы, а также неопределённой формы скопления биоморфоз колониального характера. Реже попадались нитчатые и палочковидные формы [7]. В этой прекрасно иллюстрированной монографии впервые хорошо показаны следы жизнедеятельности богатого мира микроорганизмов и их преобладание в веществе бокситов.

Статья посвящена описанию впервые обнаруженных в никольской свите неопротерозоя биоморфных структур, а также интерпретируемых как вполне определённые остатки тех или иных микроорганизмов.

По характеру сохранности и тому, что вся порода состоит из них, расположенных неупорядоченно, они аналогичны указанным выше структурам из бокситов и коры выветривания.

Материал и методика. Никольская свита (230 м) неопротерозоя в районе Уринского поднятия согласно залегает на куллекинской свите, верхние слои которой представлены алевролитами со стяжениями гидроксидов железа. Строение разреза никольской свиты [3, рис. 6] на левобережье р. Лена, у руч. Дабаан (район дер. Тинная) снизу вверх, мощность, м:

1. Переслаивание алевролитов, глинистых, местами известковистых доломитов и мергелей коричневатых-серых, бордовых, прослоями зеленоватых-серых 35
2. Переслаивание известняков и доломитов глинистых, мергелей и реже алевролитов бордовых, прослоями зеленоватых-серых. Присутствуют прослои (0,3 м) известняков серых. У кровли пачки наблюдаются единичные прослои (0,2–0,4 м) водорослевых (*Chaptchaica viva* Kolosov) известняков и плоскогалечных внутрiformационных конгломератов 75
3. Известняки глинистые, бордовые с малоомощными прослоями мергелей и реже внутрiformационных конгломератов и водорослевых (*Chaptchaica viva* Kolosov; образцы 304-68, 306-68, 309-68) серых известняков 71
4. Переслаивание известняков серых, пелитоморфных, толстоплитчатых (0,3–0,5 м), нередко водорослевых 45

Сборы образцов водорослевых известняков произведены П.Н.Колосовым в 1968 г. Для изучения ультраструктур этих пород в СЭМ из образцов отпиливали пластинки размерами не более 2×2 см. Их промывали дистиллированной водой, высушивали и напыляли углеродом. Исследование пластинок проводили в отделе физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН с помощью сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM-6480LV в режиме высокого вакуума, ускоряющее напряжение 10 кВ, размер диафрагмы – 2, сигнал SEI, рабочее расстояние – 10 мм.

Ультраструктура и тип поверхности карбонатных пород определены по работе [5], а биоморфозы и биоморфные структуры по работе [7].

Характеристика биоморфных структур (в образцах 304-68, 306-68, 309-68). *Здесь и далее авторы указывают номер снимка на СЭМ, как номер объекта исследования, номер рисунка, приводимого в статье, и характеризуют объекты:*

2.6. (рис. 1, а). Общая масса породы пористая, неоднородная. Поверхность образца сглаженно-волнистая, местами видны мелкие гроздевидные кокковидные формы, редко одиночные более крупные образования округлой формы. Размеры от 1 до 4 мкм. Бугорковый тип поверхности скола отражает глобулярную ультраструктуру пород.

2.14. (см. рис. 1, б). Образец сложен в основном гроздевидными кокковидными (величина бугорков не превышает 1 мкм), овальными и палочко-видными формами длиной 20 и шириной 3 мкм. Поверхность данного образца можно отнести к блоко-бугорчатому типу. Местами наблюдаются неправильной формы блоки, ориентированные в различных направлениях. Ультраструктура кристалломорфно-глобулярная.

2.20. (см. рис. 1, в). Объект преимущественно ступчатый с редкими пустотами на поверхности, с примесью от мелких до более крупных форм бугорков, которые имеют округлую правильную форму (хорошая сохранность) диаметром 5 мкм. Основная масса – блоковая, кристалломорфная ультраструктура. А в пустотах тип поверхности бугорковый, глобулярная ультраструктура.

5.6. (см. рис. 1, г). Основная масса породы пористая. Тип поверхности блоковый, перекристаллизованный. Представлен сочетанием неправильной формы блоков размерами от 4 до 28 мкм. Грани блоков неровные. Наблюдаются биоморфозы.

5.8. (см. рис. 1, д). Среди блоков и мелких бугорков наблюдается одно овальное образование. Ультраструктура кристалломорфно-глобулярная.

5.15. (см. рис. 1, е). Образец неоднородного строения. Местами наблюдаются скопления кокковидных и нитчатых форм. Имеются биоморфозы почти шаровидной формы. Бугорки различной формы, тесно соприкасаются друг с другом, придают поверхности, по определению И.В.Хворовой и А.Л.Дмитрик [6], «кудряшковый»/«барашковый» вид. Ультраструктура глобулярная.

Биоморфные структуры, интерпретируемые как органические остатки.

2.22. (рис. 2, А, фигура а). Нитчатые, клеточного строения, ветвящиеся известковистые водоросли. Длина нитей 8–17 и толщина 0,4–1,3 мкм. Клетки слегка овальные, размерами 0,4–1,3 мкм. Промежутки между нитями водорослей заняты бактериями, которые расположены и на нитях.

3.3. (см. рис. 2, А, фигура б). Слоевидное, размерами (в мкм): длина 37,2, толщина 2,3–3,5 (в средней части), 1,2 (у терминального окончания). В основании слоевища два или три базальных образования размерами 4,5×8,1 мкм. Орган размножения (?) шаровидной формы диаметром 3,4 мкм. Он расположен на короткой боковой ветви толщиной 1,2 мкм. Наблюдается и очень тонкая (0,4 мкм), и короткая (2,8 мкм) боковая ветвь. Средняя часть слоевища

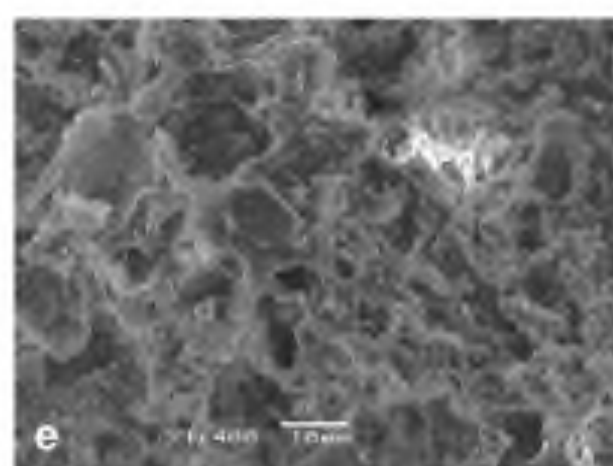
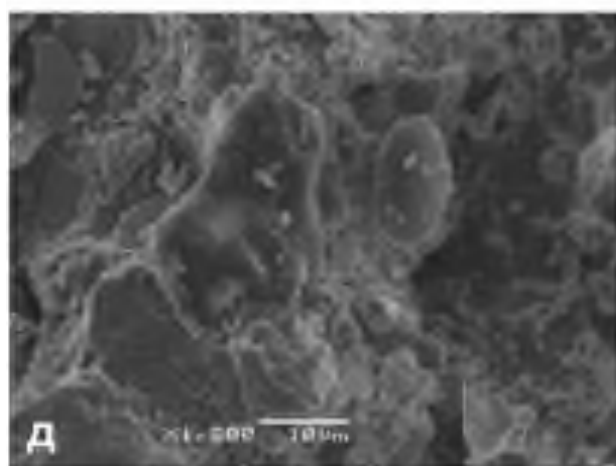
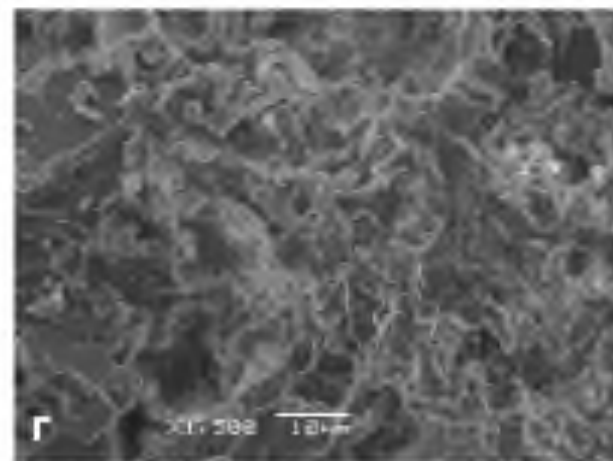
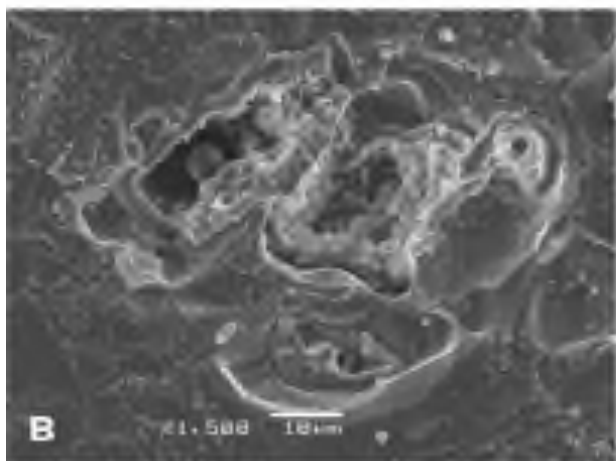
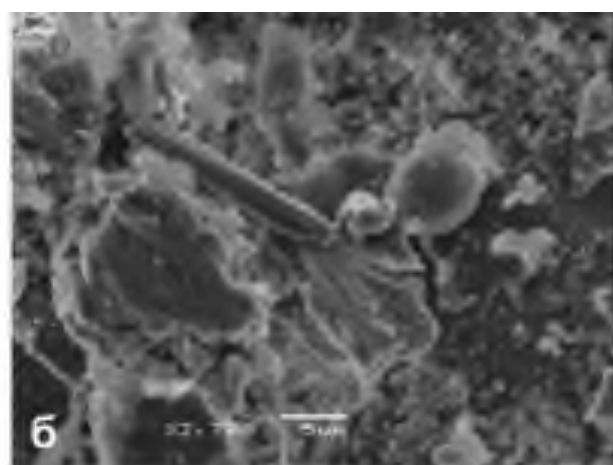
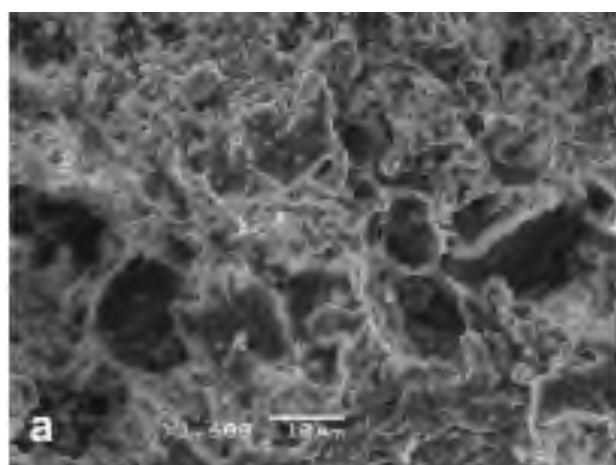


Рис. 1. Биоморфные структуры:

пояснения к фигурам см. в тексте статьи

A

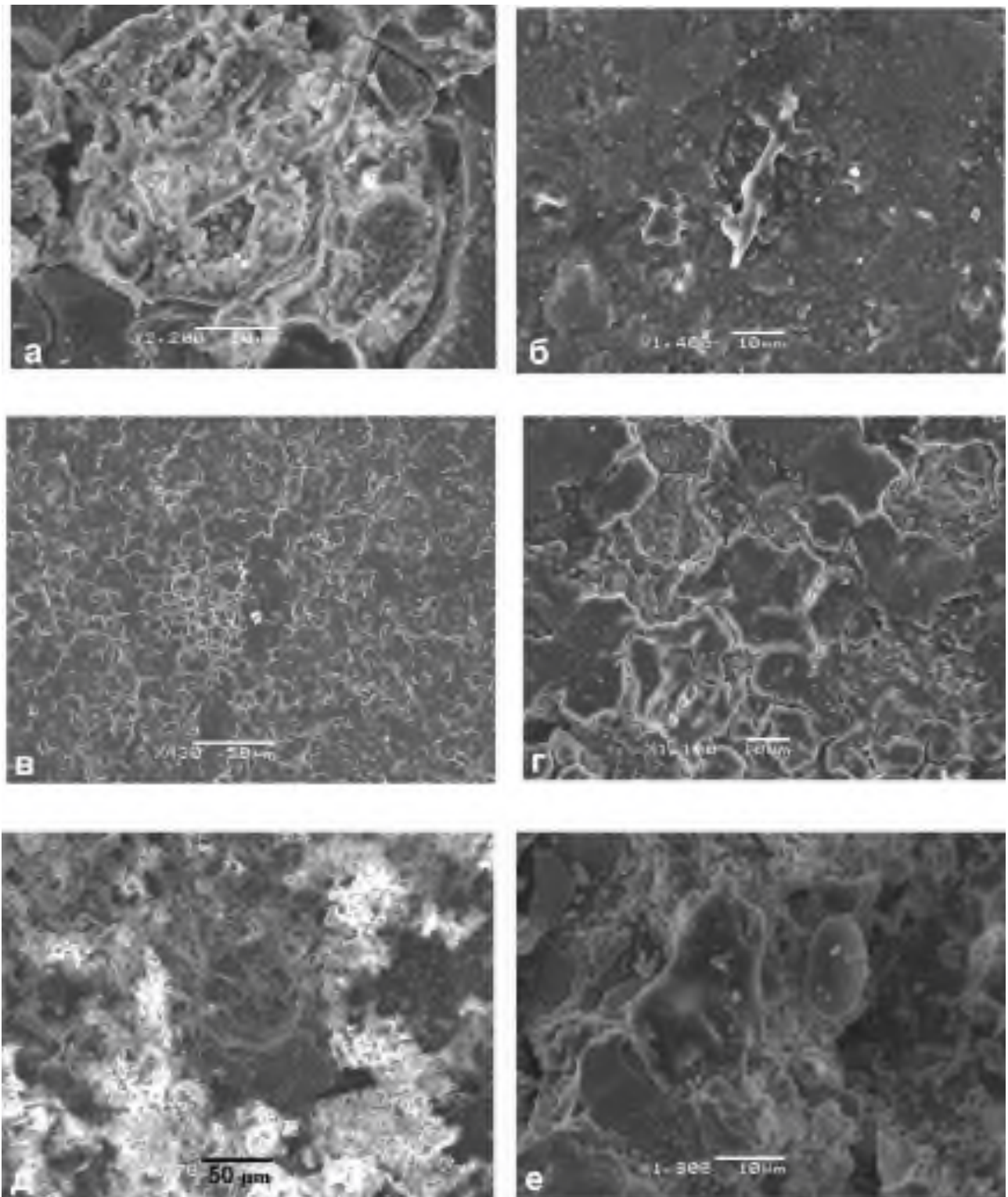
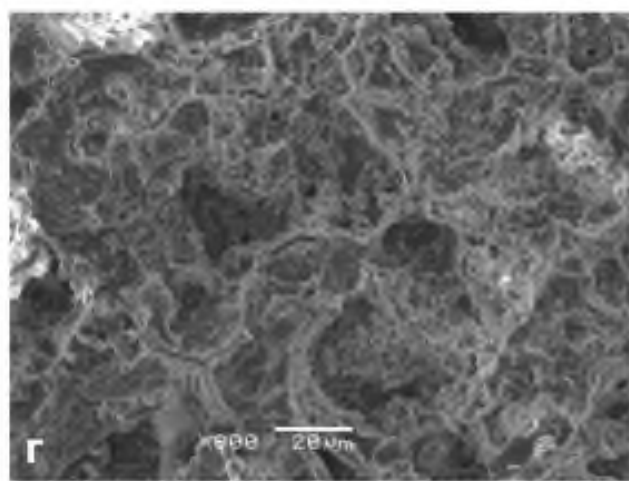
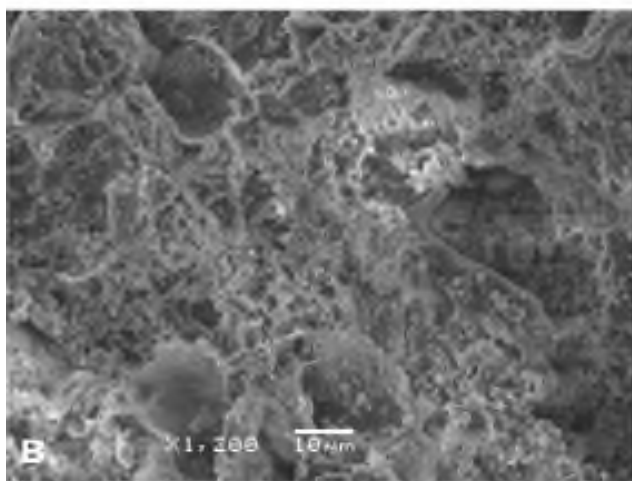
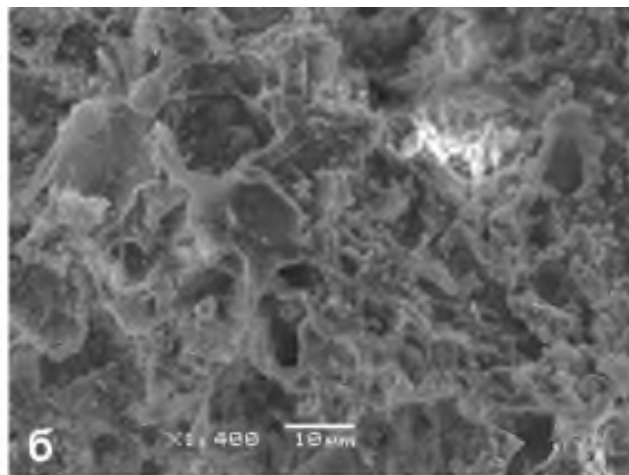
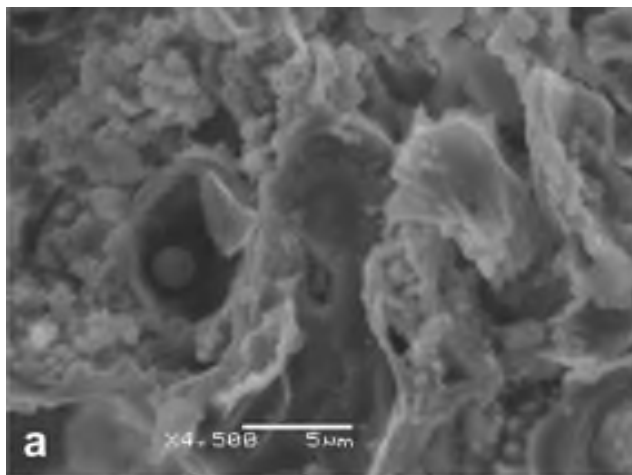


Рис. 2. Биоморфные структуры, интерпретируемые как органические остатки:

пояснения к фигурам см. в тексте статьи

Б



деформирована или разъедена бактериями.

3.6. (см. рис. 2, А, фигура в). Темные ветвящиеся, вертикально поднимающиеся кверху нити водорослей *Chaptchaica Kolosov* [4]. Они длиной (видимой) до 163,6 и шириной 23,8–24,0 мкм. В развилке ветвей шарообразные тельца.

6.4. (см. рис. 2, А, фигура г). Хорошо видны узкие поперечные разделяющие полосы, подчеркивающие членистое строение тела водорослей.

4.4. (см. рис. 2, А, фигура д). Микрофоссилия сферической формы (в мкм): диаметром 74,3, с одним хвостовидным отростком длиной 77, толщиной 4,1–5,4. Оболочка сферы состоит из 2–3 весьма тонких (1,3 мкм) слоев. Внутри сферы присутствует вытянутое образование длиной 43,5 и толщиной 5,4 мкм. Если микрофоссилию интерпретировать как клетку, то это образование можно предположительно принять за органеллу.

5.8. (см. рис. 2, А, фигура е). Коккоидного типа

структуры овальной формы микрофоссилия размерами 9,1×16,0 мкм. Один край (правый) имеет утолщение шириной 3,3 мкм.

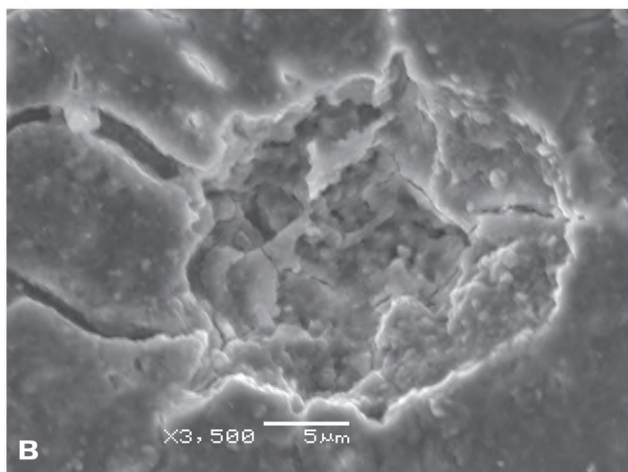
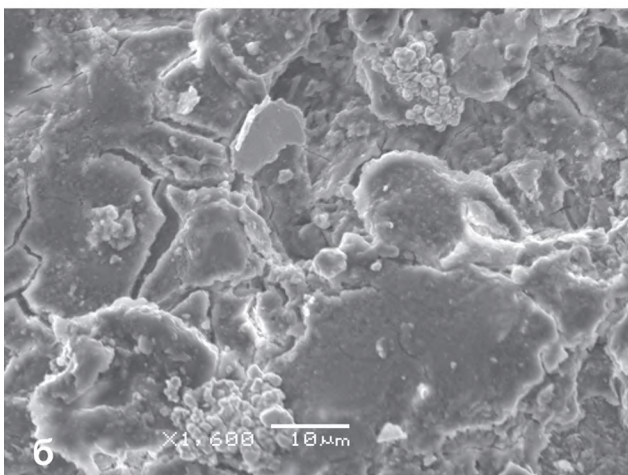
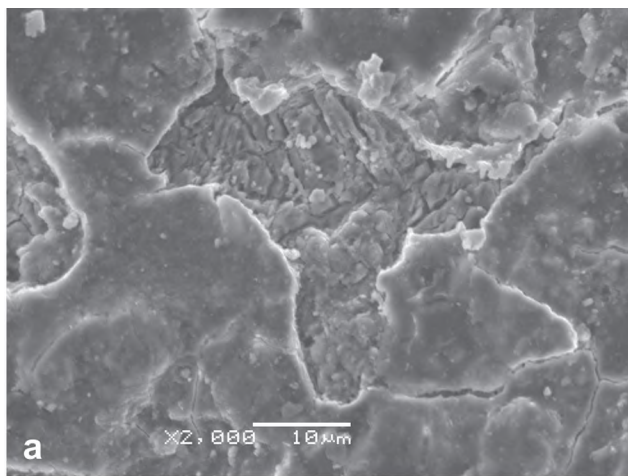
5.10. (см. рис. 2, Б, фигура а). Овальной формы микрофоссилия размерами 6,1×8,3 мкм. Она имеет светлую слоистую оболочку толщиной 1,1 мкм. Внутри микрофоссилии (ближе к оболочке) наблюдается идеальный шарик (возможно, ядро клетки) диаметром 1,8 мкм.

5.15. (см. рис. 2, Б, фигура б). Овальной формы микрофоссилия размерами 7,4×14,3 мкм с хвостовидным отростком длиной 14,3 и толщиной 1,3–1,4 мкм.

5.17. (см. рис. 2, Б, фигура в). Клеточная, нитчатого типа строения микрофоссилия, сужающаяся к терминальному окончанию, имеет длину 17,2 и толщину от 2,4 до 0,4 мкм. Высота клеток у основания формы 1,4 мкм. Она меньше толщины нити.

5.18. (см. рис. 2, Б, фигура г). Нитчатого типа структуры клеточного строения (перегородки четкие) микрофоссилии длиной (измеренной) до 12,5 и

В



толщиной 1,2–1,9 мкм. Они находятся совместно с хлорококковыми колониальными, предположительно зелёными водорослями.

6.3. (см. рис. 2, В, фигура а). Нитчатого типа структуры клеточного строения (перегородки четкие) микрофоссилии длиной 24,5 и толщиной 0,5–1,0 мкм. Клетки боченкообразные, высотой до 2,25 и толщиной 0,5–1,0 мкм. Нити имеют короткие (0,75–1,25) отростки толщиной 0,5 мкм.

6.5. (см. рис. 2, В, фигура б). Разнообразной (сферической, овальной и треугольной) формы клетки образуют скопления в виде бесформенных конгломератов. Размеры этих скоплений от 6,2×12,5 до 12,5×15,6, а клеток – 0,9–2,2 мкм. Клеток в них около 17–30. Размножение происходит путем деления материнских клеток на несколько дочерних. По размерам, форме и расположению клеток, характеризующим ископаемые можно интерпретировать как колониальные хлорококковые зелёные водоросли, предположительно сравнимые с рецентными *Coenochloris pyrenoidosa* Korsch [1, с. 437, рис. 19–16, фигура 7].

6.9. (см. рис. 2, В, фигура в). Микрофоссилия сферическая, похожая на акантоморфные (шипастые) формы, с шипами и выростами, распределёнными неравномерно, разных размеров, имеющими коническую, расширенную к основанию форму. Ближе к месту прикрепления (проксимальной части) они полые, свободно сообщаются с внутренней частью сферы. Концы этих морфологических элементов сужаются или тупые. Размеры (в мкм): диаметр сферы 18,6–22,4, толщина её стенки 0,3, длина шипов и выростов 1,1–4,3, ширина шипов и выростов ближе к месту прикрепления 3,1. Микрофоссилия плотно примыкает к слоевищу водоросли рода *Charpchaica* Kolosov, 1975, и, возможно, она является органом размножения; по форме напоминает зиготу зелёных водорослей класса *Siphonophyceae* (сифоновые) [1, с. 477, фигура 7]. От широко известных акантоморфных (шипастых) микрофоссилий неопротерозоя отличается меньшим почти на порядок диаметром. По диаметру близка к *Baltishaeridium* sp. 1 из верхней части лонтоваской свиты нижнего кембрия Эстонии [2], от которого отличается широким основанием и малочисленностью полых выростов.

В заключение можно отметить, что в никольской свите неопротерозоя Уринского поднятия в карбонатных породах впервые установлены биоморфные структуры, похожие на описанные из бокситов и небокситоносных кор выветривания разных регионов мира. Большая насыщенность этими биоморфными структурами отдельных слоев карбонатных пород никольской свиты указывает на то, что эти слои в значительной мере состоят из перетолженного глинисто-карбонатного материала коры выветривания. Среди биоморфных структур обнаружены образования, палеобиологически интерпретируемые как остатки микроорганизмов:

нитчатые, клеточного строения, ветвящиеся, известковистые водоросли; слоевища с базальными образованиями; клетка с предполагаемой органеллой; микрофоссилии, интерпретируемые как колониальные хлорококковые *Chlorophyta*; сферическая микрофоссилия с выростами, сравнимая с акантоморфными формами *Baltishaeridium* sp. 1 из нижнего кембрия Эстонии. Получены дополнительные факты, подтверждающие членистое строение ранее выделенных водорослей рода *Chaptchaica* Kolosov. Хорошую сохранность в известняках остатков микроорганизмов, по-видимому, следует объяснить быстрыми их захоронениями (по причине погружения дна Предпатомского прогиба) и минерализацией (замещением органического вещества солями кальция) после отмирания.

Исследования выполнены за счёт финансирования госзадания (государственный регистрационный номер проекта 01201352157).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др.* Водоросли. Справочник. – Киев: Наукова думка, 1989.
2. *Волкова Н.А., Журавлева З.А., Забродин В.Е., Клиггер Б.Ш.* Проблематики пограничных слоёв рифея и кембрия Русской платформы, Урала и Казахстана // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 188. – М.: Наука, 1968.
3. *Колосов П.Н.* Стратиграфия верхнего докембрия юга Якутии. – Новосибирск: Наука, 1975.
4. *Колосов П.Н.* Микрофоссилии неопротерозоя востока Сибирской платформы. – Якутск: ОАО «Медиа-холдинг Якутия», 2008. 88 с.+32 палеонтологические таблицы.
5. *Ушакова А.И.* Атлас структур и ультраструктур карбонатных пород Сибири. – Новосибирск: Наука, 1979.
6. *Хворова И.В., Дмитрик А.Л.* Микроструктуры кремнистых пород. – М.: Наука, 1972.
7. *Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Еганов Э.А. и др.* Биоморфные структуры в бокситах (по результатам электронно-микроскопического изучения). – М.: Эслан, 2004.

Структурно-динамический анализ очаговой зоны Гонамского землетрясения (юго-восточный сегмент Алданского блока)

Л.П.ИМАЕВА (Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН); 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128); Б.М.КОЗЬМИН (Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН); 677980, г. Якутск, проспект Ленина, д. 39); В.С.ИМАЕВ (Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН); 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128)

Рассматривается сильное Гонамское землетрясение, произошедшее 4 января 2014 г. М 5,4 на юге Якутии в юго-восточном сегменте Алданского блока (Восточно-Алданский супертеррейн). Территория блока с северо-запада (устье р. Тимптон) на юго-восток (Токинский Становик) пересекает Тыркандинская шовная зона, в пределах которой и локализован эпицентр Гонамского события. Показаны морфотектонические особенности рельефа территории, геолого-структурные и кинематические характеристики Тыркандинской шовной зоны и её взаимосвязи с геофизическими полями и сейсмичностью. Приводится сейсмогеодинамический анализ очаговой области Гонамского события: макросейсмика, фокальный механизм и особенности проявления афтершоков.

Результаты исследования сравниваются с действующей картой сейсмического районирования с целью её уточнения.

Ключевые слова: Восточно-Алданский супертеррейн, Алданский блок, Тыркандинская шовная зона, Гонамское землетрясение, активные разломы, фокальный механизм, сейсмогеодинамика.

Имаева Людмила Петровна, imaeva@crust.irk.ru

Козьмин Борис Михайлович, b.m.kozmin@diamond.ysn.ru

Имаев Валерий Сулейманович, imaev@crust.irk.ru

Structural-dynamic analysis of the focal zone of Gonam earthquake (South-eastern segment of the Aldan block)

L.P.IMAEVA, B.M.KOZMIN, V.S.IMAEV

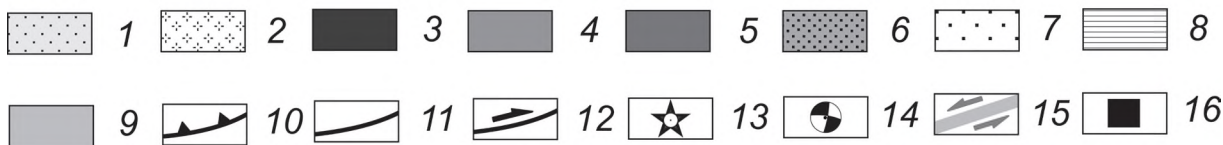
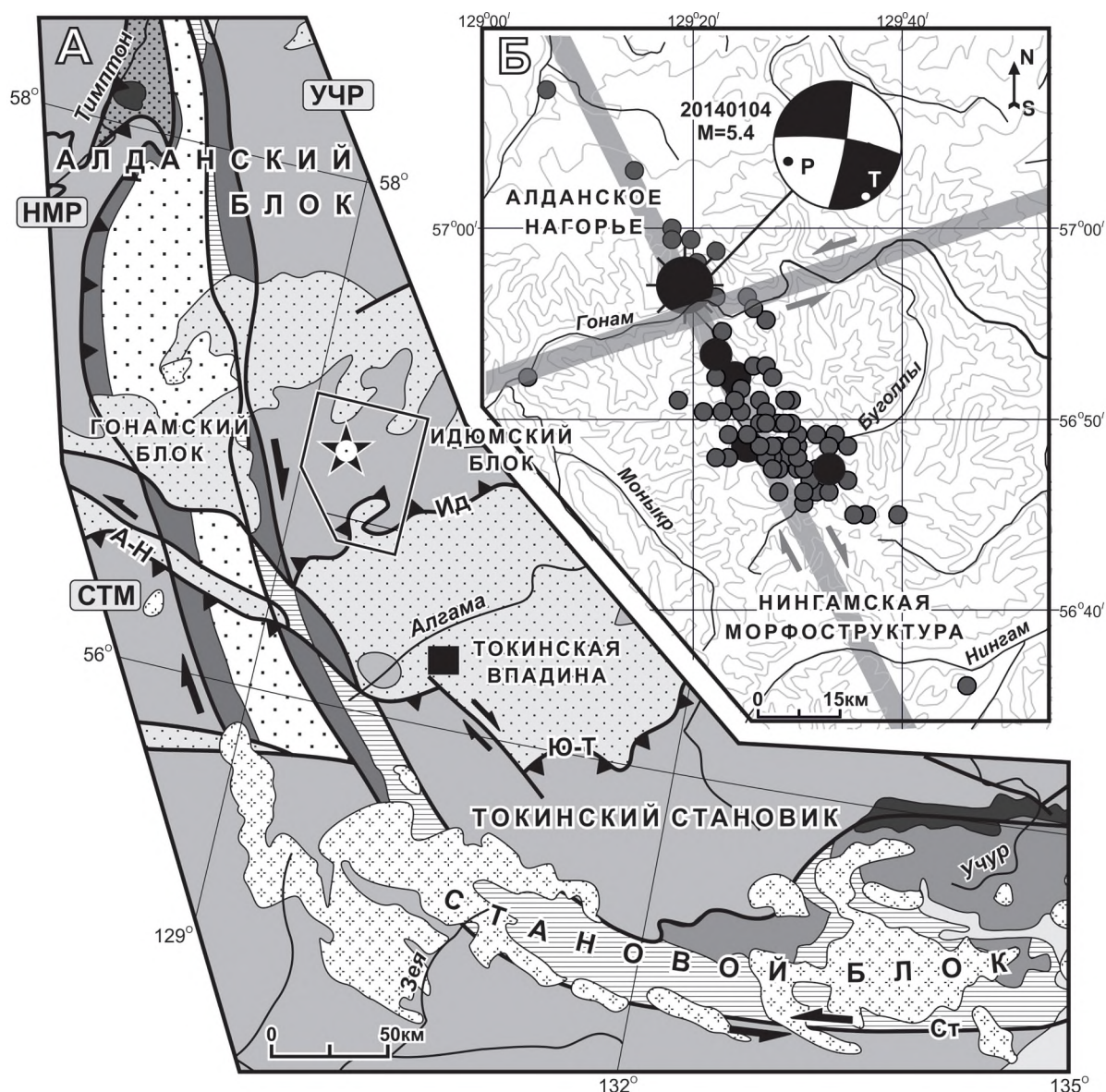
Discussed is the strong Gonam earthquake with M 5,4 that occurred in the south-eastern segment of the Aldan block (East Aldan Superterrane) in South Yakutia on January 4, 2014. The block is cut, from northwest (Timpton River mouth) to southeast (Toko Stanovik) by the Tyrkanda suture zone in which the epicenter of the Gonam event is located. Morphotectonic features of the relief of the territory are considered. Geological-structural and kinematic characteristics of the Tyrkanda suture zone are given, and its relationship with geophysical fields and seismicity is discussed. Seismogeodynamic analysis of the focal zone of the Gonam event is made, including macroseismic effects, focal mechanism, and manifestation of aftershocks. The results of investigation are compared with the seismic zoning map in current use for the purpose of its improvement.

Key words: East Aldan superterrane, Aldan block, Tyrkanda suture zone, Gonam earthquake, active fault, focal mechanism, seismogeodynamics.

Гонамское землетрясение, произошедшее 4 января 2014 г. М 5,4 на территории Идумского блока в Южной Якутии, тяготеет к зоне влияния крупной Тыркандинской шовной зоны тектонического меланжа. Она отделяет Восточно-Алданский супертеррейн от Центрально-Алданского на западе и Тындинского составных террейнов на юге. При этом Восточно-Алданский супертеррейн включает Учурский гранулит-парагнейсовый террейн и расположенный восточнее (за пределами территории исследований) Батомгский гранит-зеленокаменный составной террейн. Оба

названных террейна перекрываются пологозалегающими слабо измененными вулканогенно-осадочными образованиями Улканского прогиба. В свою очередь Центрально-Алданский террейн составляют Нимырский гранулит-ортогнейсовый и Сутамский гранулит-парагнейсовый террейны [8] (см. рисунок, А).

Формирование Тыркандинской зоны тектонического меланжа происходило 2,1–1,8 млрд. лет назад и сопровождалось в пределах Восточно-Алданского супертеррейна повторными деформациями и высокотемпературным метаморфизмом [8]. В плане она



Структурно-тектоническая схема Тыркандинской шовной зоны на юго-востоке Алданского блока, по работе [8] с изменениями и дополнениями (А) и морфоструктурные и сеймотектонические особенности района Гонимского землетрясения (Б):

1 – чехол Сибирской платформы; 2 – мезозойские сиениты, сиениты-порфиры, граносиениты; 3 – сшивающие раннепротерозойские чарнокиты; 4 – раннепротерозойские анортозиты; 5 – гнейсограниты; 6 – плагиогнейсы; 7 – гранат-биотитовые плагиогнейсы; 8 – биотитовые, гранат-биотитовые, амфибол-биотитовые гнейсы, диопсидовые известково-силикатные породы, кальцифиры; 9 – террейны (НМП – Нимнырский, УЧР – Учурский, СТМ – Сутамский); 10 – надвиги (А-Н – Атугей-Нуямский, Ид – Идюмский, Ю-Т – Южно-Токинский); 11 – разломы; 12 – сдвиги (Ст – Становой); 13 – эпицентр Гонимского землетрясения; 14 – стереограмма фокального механизма землетрясения (положение осей: Р – сжатия, Т – растяжения), рядом обозначена дата и магнитуда события; 15 – зоны динамического влияния сопряженных сдвигов: близдолготная – Тыркандинская шовная зона правых сдвигов, близширотная – Гонимская система левых сдвигов; темные кружки – эпицентры главного землетрясения и его афтершоки – большой и малый диаметр соответственно; 16 – местоположение Эльгинского угольного месторождения

имеет дугообразную форму и протягивается на 1650 км при ширине 50–200 км. Зона рассекает структуры Алданского щита с северо-запада на юго-восток и прослеживается по космическим снимкам от устья р. Тимптон до среднего течения р. Алгама, где образует разломный узел совместно с Южно-Токинскими и Атугей-Нуямским дизъюнктивами (см. рисунок, А) [1, 7, 8]. В строении этой шовной зоны участвуют тектонические пластины, образованные различными ассоциациями парагнейсов и автономными анортозитами. Пластины ограничены узкими зонами бластомилонитов, которые в субдолготной ветви зоны насыщены телами гранитов.

Структура упомянутой зоны представляет собой систему кулисообразно расположенных локальных разломов, которые контролируют местоположение нижнепротерозойских трогов и мезозойских грабен, а также гранитоидов и основных интрузий архейского, протерозойского, мезозойского возрастов [1]. Шовная зона также отчетливо трассируется цепочками линейных магнитных аномалий, а в поле силы тяжести распознается протяженными линейными полосами повышенных градиентов и резкой градиентной ступенью (гравитационным уступом) [7]. Устанавливаемая связь аномалий силы тяжести этой части Алданского блока с мезозойской и кайнозойской структурами свидетельствует о том, что активизация тектонических процессов за эти временные интервалы привела здесь к существенной переработке земной коры, в том числе её глубинных частей.

Кинематика Тыркандинской системы разломов обусловлена рядом параллельных кулис, пространственное расположение которых указывает на возможные смещения вдоль неё по типу правого сдвига. Так, в месте пересечения Тыркандинской зоной р. Гонам (эпицентральной области Гонамского землетрясения), наблюдается резкий изгиб русла реки и выходы в ней коренных пород (см. рисунок, Б). Здесь же на правом борту долины р. Гонам выявлены площадные сейсмогравитационные срывы делювиального материала [3, 7]. Подвижки внутри этой системы также по типу правого сдвига смещают русло р. Буголлы (правый приток р. Гонам). В сейсмическом поле этого региона к зоне влияния данной шовной зоны приурочены эпицентры слабых землетрясений М 2,5–4,5 [2, 5].

Территория, где локализован эпицентр рассматриваемого землетрясения, приурочена к Нингамской морфоструктурной области на стыке Гонамского и Идюмского блоков (см. рисунок, А). При этом Гонамский блок состоит из отдельных хребтов: Нингамского, Ытымджинского, Сутамо-Гонамского с различной морфологией и высотными отметками. Это обусловлено тектоническими особенностями их формирования, составом слагающих пород, а также характером расчленения. Среди других структур Гонамского блока при морфоструктурных построениях Нингамская область ярко выделяется сгущением

изогипсобазит [3, 4, 7]. В плане она представляет собой куполовидное поднятие, выраженное изолированным горстом преимущественно архейских кристаллических пород, осложняющее южное крыло Гонамского блока. В северо-западном направлении Нингамская область подразделяется Тыркандинской шовной зоной на две неотектонические ступени с абсолютными отметками соответственно 1500–1700 м и 1700–2300 м. Здесь она выражена сложной ветвящейся системой горных хребтов альпинотипного облика, характеризующихся глубоким до 1000 м расчленением, узкими гребневыми водоразделами, крутыми склонами, покрытыми сплошными осыпями.

Долины рек и ручьев имеют резко выраженную V-образную форму, крутой невыработанный продольный профиль и слабую террасированность (реки Нингамкан, Маныкр, Гертанда и др.). Тектонические долины рек характеризуются плоскими днищами с пойменными террасами. Следы древнего оледенения сохранились в виде немногочисленных каров на водоразделах в верховьях долин рек Нингама, Нингамкана, Алтан-Чайдаха. Вдоль прямолинейного отрезка р. Гонам на геологических [1, 2] и топографических картах [3, 4] устанавливается сеть параллельных разрывных нарушений северо-восточного простирания левосдвиговой кинематики, вкрест простирания пересекающих Тыркандинскую шовную зону (см. рисунок, Б). Трассы этих разломов прослежены во время маршрутных исследований по р. Гонам. Их современная активизация подтверждается хорошей морфологической выраженностью (каньонообразные долины правых притоков р. Гонам) и привязкой к ним эпицентров слабых землетрясений [2, 5].

Одним из показателей, связанных с сейсмичностью данного региона, является интенсивность и контрастность новейших вертикальных тектонических движений, количественным выражением которых принято считать их скорости и градиенты скоростей. Рисунок градиентного поля скоростей в пределах территории исследования уверенно отражает основные орографические элементы и разломные структуры [2–4]. Так, участки территории с максимальными значениями градиента скоростей оконтуривают границы Нингамской морфоструктуры в виде узких линейных полос и подчеркивают простирание системы Тыркандинской зоны разломов. Для перечисленных участков характерен резкий перепад значений градиента скоростей на расстоянии 15–20 км от максимального до минимального [2].

Идюмский блок, граничащий на западе с Гонамским блоком, включает в себя небольшие сводовые поднятия фундамента по северной окраине Токинской впадины (Арбарастахское, Идюмо-Хайканское), образующие цепь возвышенностей, обрывающихся к югу тектоническим уступом высотой 300–400 м. В центре Идюмского блока на поверхность выходят породы

фундамента, поднятые до высоты 1700–1800 м. Реки Идюм и Алгама пересекают эти поднятия, врезааясь на глубину до 100 м, и образуют узкие неразработанные, крутосклонные долины с врезанными меандрами. Водоразделы здесь узкие, скалистые, гребневидные, реже широкие плоские, со структурными уступами на склонах. Подобный рельеф характерен и для восточной части данного блока. Следы новейшей и современной активизации особенно ярко проявились по южной границе Идюмского блока с Токинской впадиной в районе Идюмского надвига. Субширотный Идюмский надвиг длиной 200–250 км отделяет Идюмский блок от мезозойских отложений Токинской впадины. Он представляет собой серию круто падающих разрывов (до 45–50°) с плоскостями как северной, так и южной вергентности. В обнажениях по р. Алгама плоскость этого надвига четко фиксируется зоной повышенной раздробленности и трещиноватости юрских песчаников, соприкасающихся с протерозойскими известняками. По многочисленным зеркалам скольжения в нём повсеместно устанавливаются взбросовые и надвиговые подвижки [3–4, 7]. Разлом отчетливо выделяется по геофизическим материалам полосой линейно-вытянутых аномалий, окаймляющих фоновые значения гравитационного и магнитного полей [1, 2].

На относительную тектоническую активность Идюмского разлома в кайнозойское время указывают его отчетливая выраженность, наличие эрозонных ложбин в основании плоскости разлома, многочисленные фасеты на фронтальной плоскости, осыпи и курумы. Разлом сейсмически активен. Ежегодно в его зоне влияния регистрируется до десятка слабых землетрясений ($M \leq 3,0$), хотя также имеют место одиночные сильные события, как, например, землетрясение 3.02.1999 г. $M 4,5$, сопровождаемое серией афтершоков (около 40 событий). По результатам структурных исследований, проведенных по рекам Алгама и Идюм в зоне Идюмского надвига, в этой части Учуро-Идюмского хребта были выявлены молодые формы рельефа (уступы, повышенная дислоцированность пород вблизи разломов, образование небольших складок и др.), а также проявления сейсмогравитационных процессов [2–4, 7].

Эпицентральной областью Гонамского землетрясения 2014 г. приурочена к крупному разломному узлу, образованному правосдвиговой Тыркандинской шовной зоной северо-западного простирания и левосдвиговой диагональной (северо-восточной) системой Гонамских разрывов [1–2, 7–8]. За время инструментальных наблюдений в этом районе регистрировалось, главным образом, незначительное количество слабых землетрясений $M \leq 3$ (около 10–20 в год). Число ощутимых событий $M 4,0$ – $4,5$ составляло единицы [5–6, 11]. Поэтому исследуемое Гонамское землетрясение 4 января 2014 г. является самым интенсивным, отмеченным здесь за последние 50 лет. Оно возникло

в 19 час. 34 мин. по Гринвичскому времени (5 января в половине шестого утра местного времени). Его эпицентр был локализован в безлюдной горно-таежной местности. Магнитуда землетрясения соответствовала 5,4 (энергетический класс Кр 13,9), глубина очага h 10 км. Возможная интенсивность толчка в эпицентре могла достигать 7–8 баллов. Имеется мало информации о макроэффектах этого события в связи с низкой плотностью населения. Ближайший населённый пункт (пос. Эльга вблизи Эльгинского угольного месторождения, см. рисунок А) в 120 км к юго-востоку от эпицентра испытал при этом толчке 6-балльные воздействия. В момент толчка все население было разбужено сильными колебаниями почвы. Строения «ходили ходуном», слышался громоподобный звук. Тряслись стены, скрипели потолочные перекрытия, смещалась мебель, на столах, скамейках подпрыгивали посуда, книги, с полок падали предметы на пол. 3-балльные эффекты этого события наблюдались в г. Томмот (300 км к северо-западу от эпицентра) и пос. Нижний Куранах (320 км к северо-западу), а также в г. Нерюнгри (298 км к западу), где его сила достигала 2 балла. В двух населенных пунктах Амурской области подземный толчок проявился с интенсивностью 3 балла в пос. Верхнезейск (254 км к югу) и 2 балла в г. Зея (380 км к югу). Суммарная площадь ощутимых воздействий землетрясения на юге Республики Саха (Якутия) и севере Амурской области составила около 300 тыс. км².

По данным ГС РАН и ГС СО РАН, а также ЯФ ГС СО РАН [9] после Гонамского землетрясения в течение января–июня 2014 г. наблюдалась серия афтершоков (свыше 100 событий). Эпицентры повторных толчков отмечены в виде полосы (60×15 км), вытянутой с северо-запада на юго-восток, совпадающей с простиранием Тыркандинской шовной зоной (см. рисунок, Б). Площадь, охваченная афтершоковым процессом, достигала 900 км². Все повторные события произошли в верхней части земной коры в интервале глубин 5–23 км. Очаги большей половины из них возникли на глубине 6–10 км.

Фокальный механизм данного землетрясения, определённый по методу момента тензора центроида [10], выявил две возможные плоскости разрыва в очаге. На стереограмме (см. рисунок, Б) выделяется близмеридиональная плоскость скольжения NP1, близкая по простиранию к Тыркандинской тектонической структуре, и субширотная плоскость скольжения NP2, совпадающая по направлению с Гонамской системой разломов. При этом ось сжатия в фокусе землетрясения действовала близгоризонтально (угол наклона к горизонту 11°) в направлении юго-запад–северо-восток (азимут 241°), а ось растяжения была ориентирована также близгоризонтально (угол 5°) в направлении северо-запад–юго-восток (азимут 150°). Поэтому кинематика смещения в очаге вдоль плоскости NP1 соответствовала правому сдвигу, а вдоль плоскости

NP2 – левому сдвигу. Если принять во внимание северо-западное расположение области афтершоков, которая совпадает с простиранием Тыркандинской шовной зоны, то рабочей плоскостью разрыва следует считать плоскость NP1. В итоге гипоцентр Гонамского землетрясения возник в результате современных движений в разломном узле Гонамской и Тыркандинской систем разломов, причём больше всего активизировалась зона влияния Тыркандинской шовной зоны, которая «подновила» на расстоянии в 65 км.

Таким образом, анализируя геометрический рисунок Тыркандинской шовной зоны по отношению к Становому блоку (см. рисунок, А) можно диагностировать наличие зоны сжатия, возникшей в области их контакта. К ней примыкает крупный морфотектонический блок транспрессионного типа со структурами Токинского Становика и Токинской впадины. При правобоковом смещении вдоль Тыркандинской зоны северной и южной периферии и внутри названного блока закономерно возникла сеть близширотных сдвиго-взбросов и надвигов с падением сместителей в южном и северном направлениях, что согласуется с фокальными механизмами землетрясений этого региона [3, 4]. Сейсмогеодинамический анализ очаговой зоны Гонамского землетрясения, механизм его очага и пространственное расположение афтершокового поля подтверждают кинематику Тыркандинской шовной зоны и значительно дополняют геодинамические построения, созданные ранее для территории юго-восточного сегмента Алданского блока [4, 11]. Результаты изучения проявлений Гонамского землетрясения также подтверждают реальность уровня сейсмической опасности в 8 баллов, показанной на действующих картах общего сейсмического районирования территории России, что особенно важно при промышленном

освоении Эльгинского угольного месторождения.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 15-17-20000.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горништейн Д.К., Моншанцев К.Б., Петров А.Ф. Разломы восточной части Сибирской платформы // Разломная тектоника территории Якутской АССР. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1976. С. 10–63.
2. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмоструктура Якутии. – М.: ГЕОС, 2000.
3. Имаева Л.П., Козьмин Б.М., Имаев В.С. Морфотектоника и разломно-блоковые структуры юго-восточного фланга Олёкмо-Становой сейсмоструктурной зоны // Отечественная геология. 2008. № 5. С. 50–56.
4. Имаева Л.П., Имаев В.С., Козьмин Б.М. и др. Сейсмическая опасность и современная геодинамика Токинского Становика. – Нерюнгри: Изд-во Технического института (Ф) ЯГУ, 2009.
5. Козьмин Б.М., Имаев В.С., Имаева Л.П. Сейсмичность и современная геодинамика // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. С. 33–67.
6. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. – М.: Наука, 1977.
7. Парфенов Л.М., Козьмин Б.М., Имаев В.С. и др. Геодинамика Олёкмо-Становой сейсмической зоны. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1985.
8. Смелов А.П., Зедгенизов А.Н., Тимофеев В.Ф. Фундамент Северо-Азиатского кратона. Алдано-Становой щит // Тектоника, геодинамика и металлогения территории республики Саха (Якутия). – М.: Наука, 2001. С. 81–101.
9. <http://www.ceme.gsras.ru>.
10. <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.
11. Mackey K.G., Fujita K., Gunbina L. et al. Explosion contamination of the northeast Siberian seismicity catalog: implications for natural earthquake distributions and the location of the Tanlu fault in Russia // Bulletin of the Seismological Society of America. 2003. Vol. 93. Pp. 737–746.

Воспоминания о Феликсе Николаевиче Шахове (к 120-летию со дня рождения)

В.В.ПОТАПЬЕВ

*Выдающиеся учителя передают нечто большее,
чем знания, – они учат работать и мыслить.
Г.Кребс, Нобелевский лауреат, «Становление
ученого», Nature, 1967; Природа, 1969*

Организатор и руководитель лаборатории, а затем отдела геохимии редких элементов Института геологии и геофизики СО АН СССР Феликс Николаевич Шахов принадлежал к той плеяде выдающихся отечественных ученых, трудами которых в условиях послереволюционной разрухи стала создаваться советская геологическая наука, получившая уже к середине XX столетия широкое мировое признание. Он был одним из наиболее ярких представителей знаменитой Томской школы геологов, у истоков которой стояли академики В.А.Обручев и М.А.Усов. Ближайший ученик и сподвижник М.А.Усова Ф.Н.Шахов был из тех учеников, которые становятся в один ряд со своими великими учителями. Им продолжено развитие учения о рудных месторождениях и созданы в этой области ряд первоклассных научных трудов общетеоретического значения. В 40-е годы прошлого столетия А.Е.Ферсман отзывался о нем как единственном геохимике, успешно работавшем в Сибири в этой, тогда совсем молодой отрасли геологических наук, и предлагал ему еще в довоенные годы баллотироваться в члены АН СССР, от чего Феликс Николаевич, по его словам, тогда отказался. Бывший офицер царской армии, участник легендарного Брусиловского прорыва в годы первой мировой войны, Ф.Н.Шахов был человеком Чести и Долга, сильной внутренней самоорганизации, оказывавшим мощное интеллектуальное воздействие на слушателей и собеседников, создававшим вокруг себя атмосферу высокой нравственности.

Суть стиля исследовательской работы Феликса Николаевича, с которым мне довелось познакомиться, заключался в широком геологическом подходе к изучаемой проблеме и тщательном исследовании каждого частного наблюдения с точным пониманием его значения для целей работы. Этот свойственный Феликсу Николаевичу стиль в полной мере проявился в самой первой его работе по проблемам рудообразования, выполненной в 1926 г. Касалось ли это стратиграфического расчленения сложных по составу вулканогенно-осадочных или метаморфических толщ, вопросов тектоники, петрографии или сугубо специальных и в то время еще слабо разработанных вопросов регионального и околорудного метасоматизма – во всех его работах была видна высокая квалификация специалиста, свободно владеющего как собственным материалом, так и достижениями мировой науки того

времени. «Нельзя быть специалистами по гвоздям!» – приходилось позже слышать реплику Феликса Николаевича, обращенную к молодым сотрудникам лаборатории. У него не было так называемых ученических работ. Достаточно сказать, что уже самые ранние его описания рудных минералов по Тельбесскому району (1930 г.) и магматических пород по Кузнецкому бассейну (1927 г.) использованы в обобщающих работах крупнейших специалистов того времени в области геохимии (А.Е.Ферсман «Геохимия») и петрографии (А.Н.Заварицкий «Изверженные горные породы»).

Особенности разговора и строгая манера держаться выказывали в нем человека большой культуры и одновременно какой-то сдержанной внутренней силы. Она проявлялась в сжатости и точности формулировок фраз, сопровождаемых взглядом удивительно чистых и внимательных темных глаз, мгновенно реагирующих на слова собеседника. В домашней обстановке он был также строго одет, сух и деловит. Выслушав мою просьбу о возможности работы в руководимой им лаборатории, стал задавать вопросы. На первый взгляд они были простыми, но мои длинные и, как мне думалось, вполне разумные рассуждения в ответ на вопрос, чем отличается контактовый метаморфизм от регионального, были быстро прерваны короткой фразой – «Региональный метаморфизм создает рассланцовку, а контактовый её уничтожает, это надо понимать». С каждым новым вопросом я все более ощущал свою растерянность. А Феликс Николаевич заметил, что занятие наукой требует очень большого и упорного труда.

Лаборатория, когда я был в неё зачислен, только создавалась. До меня в неё оформились лишь двое – вчерашние студенты Николай Александрович и Нина Васильевна Росляковы, только что окончившие Томский Политехнический Институт. Через некоторое время из Березовской урановой экспедиции перевелся Александр Сергеевич Митропольский. Постепенно лаборатория стала пополняться новыми сотрудниками. Появились прошедший у Феликса Николаевича в Томске аспирантуру Юрий Гаврилович Щербаков и после аспирантуры во МГРИ – Федор Петрович Кренделев. На поступившие аспирантские места были приняты Виктор Прокопьевич Ковалев и Валентин Григорьевич Чернов. Пришли окончивший первую в стране специализированную кафедру геохимии в МГУ Геннадий Никитыч Аношин и окончившая там же аспирантуру

Ирина Николаевна Маликова. Все яснее становился подход Феликса Николаевича к подбору сотрудников. Была явная ориентация на молодежь. Исключение составлял лишь А.С.Митропольский, ближе всех ему по возрасту, – талантливый, знающий свое дело геолог и очень скромный, исключительно порядочный человек, хорошо знакомый Феликсу Николаевичу по прежним годам работы.

Феликс Николаевич любил молодежь и общение с нею. Это ощущалось всеми, кто соприкасался с ним достаточно близко. Поэтому не случайно, когда в первые годы становления СО АН СССР известный поэт и журналист Илья Фоняков знакомился с институтом, то опубликовал статью о нашей лаборатории и её руководителе под броским названием «С молодостью по пути!». «Дети – говорил Феликс Николаевич – всегда лучше родителей», а старость иронически называл безнравственной. Такое определение, когда услышал впервые, меня поразило и я долго не мог понять его смысл, пока однажды, в свободной полевой обстановке не переспросил и услышал: «Как же, ведь в старости человек желает того, чего не может!». Вне деловой обстановки в кругу молодежи он обыкновенно оживлялся, становился прост и открыт. Исчезала его обычная суховатость и строгая «профессорская» официальность. Его всегда было интересно слушать. Реплики были остроумны, а рассуждения неожиданны и поучительны. Они сопровождались частенько меткими, а иногда и язвительными замечаниями, на которые можно было бы и обидеться, если не знать хорошо Феликса Николаевича. Так, однажды в Новосибирске, по просьбе геологических организаций города при большом стечении слушателей он делал обзорный доклад по волновавшим его проблемам гранитообразования. Когда перешли к вопросам, один хорошо известный в Западно-Сибирских геологических кругах геохимик стал задавать вопрос в форме долгого наукообразного рассуждения, обильно сопровождаемого ссылками на разные авторитетные имена и мнения. Феликс Николаевич его терпеливо выслушал, а когда тот остановился, своим обычным негромким голосом переспросил: «И все это правда, что Вы говорили?». Зал взорвался от смеха. Когда аудитория успокоилась, Феликс Николаевич тем же ровным голосом постарался разъяснить его заблуждения. Подобные проявления остроумной язвительности, с сохранением при этом такта и внешне вполне уважительного отношения к собеседнику, знают все, кому приходилось близко общаться с Феликсом Николаевичем. Мне хорошо запомнилась фотография Феликса Николаевича в стенной газете Института в канун 1960 г., особенно удачно отражающая эту черту его характера. Феликс Николаевич изображен на ней в своем кабинете во время интервью, которое у него брали по случаю наступающего Нового года. Он был заснят, очевидно, в тот момент, когда ему был задан очередной вопрос и у него молниеносно, как говорится «на самом

кончике языка», уже был готов ответ – еще не высказанный, но, несомненно, остроумный, вызывавший у него самого лукавую улыбку.

Первые 2–3 года в лаборатории Ф.Н.Шахова были для меня по существу годами учебы. Хотя учиться, как известно, приходится всю жизнь. И лучший пример тому сам Феликс Николаевич. Зинаида Павловна (жена Феликса Николаевича), уже после его смерти, рассказывала. Однажды, когда один из сотрудников лаборатории после беседы с ним ушел, он вышел из кабинета, в задумчивости прошелся и говорит: «Я понимаю, они приходят ко мне, потому что я им нужен. И я должен им помогать. Но ведь они не знают, как мне самому иной раз бывает нужен учитель!» И это сказано человеком уже в преклонном возрасте, прошедшим большой путь в науке и пользующимся в научной среде практически неоспоримым авторитетом!

Феликс Николаевич был неизменно строг во всем, что касалось науки, морали и нравственности. И это отношение не зависело от чина, ранга или возраста его оппонента. Когда, например, в Литературной газете развернулась дискуссия о нравственности в науке и один из крупнейших в нашей стране геологов, всеми уважаемый академик и к тому же сотрудник нашего института, в своем выступлении в газете высказался в том духе, что можно быть безнравственным человеком и одновременно хорошим ученым, Феликс Николаевич возмущался: «Нет, если человек безнравственен, он безнравственен и в работе. Достичь истины, дорога к которой очень трудна, ему не дано!». В дни прощания с Феликсом Николаевичем в одном из некрологов было сказано очень точно: «Это был Рыцарь Науки». Он был нетерпим к легковесному отношению во всех делах, но особенно в научных. В этих случаях он не лишен был способности употребить резкое, а иной раз и крепкое слово. Беседуя с молодыми сотрудниками, он был обычно внимателен к каждому их слову. Если сотрудник употреблял какой-нибудь термин не точно или не к месту, он тут же его перебивал: «Вы можете сказать по-русски? Вы знаете, почему иногда используют термины?». И сам же отвечал: «Когда не понимают существа вопроса. Им кажется, употребив термин, все станет ясным». Видимо для того, чтобы быть самому абсолютно точно понятым, приступая к своей незавершенной монографии «Магмы и руды», он намеревался предпослать её содержанию специальный обширный раздел «Термины и понятия» (Ф.Н.Шахов «Магмы и руды», 1994). «Каждое дело должно быть сделано, как следует быть», «Вы знаете, что дважды два четыре и все-таки отойдите в сторонку и проверьте», «Нельзя учиться вообще, надо учиться в процессе занятия делом», «В работе чаще смотрите в тарелку соседа» – наставлял он молодых сотрудников. «В процессе исследования обычно погружаешься в тему так, что она становится своего рода идеей-фикс и всюду преследует», «Мысль рождается на кончике пера», «Пишите короткими фра-

зами», – щедро делился своим опытом. «Работайте так, чтобы комар носа не подточил», – однажды сказал он мне перед отъездом в поле. И тут же добавил: «А я все равно подточу!». Такое запоминается на всю жизнь. И в то же время он становился замкнутым и нетерпимым, если к нему обращались в связи с каким-нибудь научным вопросом, считая при этом, что во всем уже сами разобрались: «Зачем тогда обращаться ко мне?» – спрашивал он.

Надежда Хрисанфовна Белоус рассказывала о первой встрече с Феликсом Николаевичем во время войны. Они с мужем были эвакуированы с Украины на Алтай и жили то ли в Змеиногорске, то ли в Белоречке точно не запомнил. В это трудное время она поступила в аспирантуру и уже готовилась к защите диссертации. Неожиданно её руководитель, видный профессор, умирает. Для завершения аспирантуры научным руководителем назначается Ф.Н.Шахов. Она едет к нему в Томск, представилась и радостно сообщает, что диссертация уже написана, её одобрил ученый секретарь Г.Л.Поспелов и выкладывает на стол рукопись. Выслушав её, Феликс Николаевич спросил – «Чего же Вы от меня хотите? Чтобы я её нюхал?». Затем поднялся, резким движением отодвинул рукопись и тут же вышел из кабинета. Когда вернулся, выложил перед ней пачку шлифов, сказал, что надо будет заняться их описанием и указал комнату, где она будет работать. Каждый день с утра она была вынуждена приходить в институт и описывать шлифы до глубокой ночи, поглядывая на свет в дверях кабинета Феликса Николаевича, не решаясь уходить раньше него. И так продолжалось день за днем вторую, а затем и третью неделю. Время шло, муж засыпал телеграммами. Феликс Николаевич иногда заглядывал в комнату, убеждался, что она работает, но ничего не говорил. Надежда Хрисанфовна не знала, что делать и в отчаянии написала письмо Г.Л.Поспелову. Через несколько дней Геннадий Львович приехал из Новосибирска, переговорил с ней, затем прошел в кабинет Феликса Николаевича, а когда вышел, на немой вопрос Надежды Хрисанфовны произнес: «Напрасно обижаетесь, Феликс Николаевич диссертацию прочитал, считает, что можно защищаться». Этот урок Надежда Хрисанфовна запомнила на всю жизнь. Услышав её рассказ, я понял, почему однажды, еще в первый или второй год моей работы, когда вышел, по-видимому, заметно расстроенный, из кабинета Феликса Николаевича, она, еще совсем не знакомая, подошла ко мне и стала убеждать, что Феликс Николаевич хотя и строгий, но очень хороший руководитель.

В 1958 г., когда мы с четой Росляковых были еще единственными научными сотрудниками, Феликс Николаевич направил нас в первый полевой сезон на Северо-Западный Алтай. Он работал тогда над монографией «Геология жильных месторождений» и его интересовали проблемы рудных столбов на месторождениях этого типа, а также условия образования мощных кварцевых жил. Собрать материал по этим

проблемам он поручил мне, а Николай Александрович должен был заняться разработкой нового тогда геохимического метода поисков руд с применением эдметаллометрического опробования. Остановились мы в с. Огни, вблизи которого проходила мощная, местами более 10 м, кварцевая жила Гигант. Я сделал несколько пересечений жилы и пришел к выводу, что она представляет собою мощный мелкоячеистый штокверк, образованный тонкими закономерно ориентированными прожилками кварца, пространство между которыми занимает метасоматически окварцованная масса вмещающих пород. Интересным казалось и то, что ориентировка тонких кварцевых прожилков в штокверке совпадала с направлениями других мощных кварцевых жил, распространенных в этом районе и намечающих, таким образом, региональный штокверк иного порядка. Мне все казалось ясным, и тут крылся крупный мой недочет: нельзя было делать никаких, тем более окончательных, выводов, не изучив собранный материал под микроскопом, что немедленно обнаружилось при ознакомлении Феликса Николаевича с каменным материалом в камеральный период. Позже в его монографии я прочитал: «Мощные жилы (Урман и Гигант) на Алтае развиваются по обширной зоне брекчирования и формируются сложно. Вначале брекчия вдоль разлома почти нацело замещается кварцем, а затем в результате следующих подвижек происходит образование трещин, их выполнение и перекристаллизация кварца, в процессе образования этих жил преобладал метасоматоз, а мощность жилы определялась мощностью зоны брекчирования. Таким образом, – делает общий вывод Феликс Николаевич – нужно думать, что образованию очень мощных жил содействуют и внутриминерализационные подвижки. Только эти подвижки не вызывают открытия трещин в буквальном смысле этого слова, а приводят к развитию широкой сети мелких трещин, интенсивного брекчирования и естественно благоприятствуют развитию метасоматоза» (1961, с. 34). Как далеки были мои скороспелые, сильно упрощающие процесс выводы от того, что можно было называть результатом настоящего исследования! Позже я стал понимать, что в центре внимания в исследованиях Феликса Николаевича всегда находился геологический процесс, не схема перечисления тех или иных событий. Именно сам процесс в его развитии, который, как мне кажется, воспринимался его сознанием как реально происходящее на его глазах геологическое явление. Из отдельных высказываний Феликса Николаевича я понимал, что он придает большое значение способности исследователя к воображению, но одновременно считает, что единственно правильным методом научного исследования является индуктивный, о чем постоянно напоминал молодым сотрудникам. «Только индукция и никакой дедукции в ходе исследования» – говорил он. В этом отношении его суждения полностью совпадали с взглядами на процесс познания таких выдающихся

наших ученых как В.И.Вернадский (Размышления натуралиста, 1975, с. 19–21) и Ф.Ю.Левинсон-Лессинг (О роли фантазии в научном творчестве, 1921). О нашем гении А.С.Пушкине было сказано: «Удивительно точный даже в мелочах, он всегда видел широкое сцепление всех звеньев жизни». Таков был и Феликс Николаевич. Всем сотрудникам лаборатории было хорошо известно его выражение: «Каждое явление должно изучаться во всех его связях и опосредствованиях». Думаю, что способность к сведению в логическое сцепление всей совокупности эмпирически установленных фактов, относящихся к геологическим условиям формирования гранитоидных плутонов, в сочетании с сильно развитым воображением, присущим обыкновенно крупным ученым, позволили ему придти к известным, но еще далеко не осознанным геологическим сообществом идеям о происхождении гранитных магм и рудных месторождений. Насколько же бледны и мертвы по сравнению с его идеями косные, но удивительно живучие среди геологов схемы формирования гранитоидных плутонов, составленные только на основании выделения последовательных (главная, дополнительная, заключительная) фаз внедрения гранитной магмы из гипотетического глубинного очага, место нахождения которого каждый из геологов определяет по своему усмотрению!

Слово «процесс» было ведущим в разговорах Феликса Николаевича на геологические темы, а стиль его работы характеризовался стремлением на каждом шагу исследования видеть развитие геологического процесса. Зинаида Павловна, которая была с ним в 1969 г. на Всесоюзном Петрографическом совещании, рассказывала. На месторождении Дашкесан во время экскурсии между участниками совещания разгорелся спор по какому-то частному генетическому вопросу. Тогда один из участников говорит: «Чего мы спорим? Давайте лучше послушаем, что скажет Феликс Николаевич», который стоял в стороне и не принимал участия в разговоре. Феликсу Николаевичу передали образец, он взял его и к изумлению присутствующих на примере только одного образца проследил весь процесс формирования рудных тел, как казалось мне, не заслуживающий особого внимания.

Однажды Феликс Николаевич заглянул в комнату, где я сидел за микроскопом, присел рядом, поинтересовался чем занимаюсь. Я тогда просматривал разрезы кварцевых жил. Увидел мои записи в общей тетради и сказал: «Так описывать шлифы не следует. Записи делайте на четвертушках листа. Потом ими будет удобнее пользоваться. Подробно описывать каждый шлиф не следует. Начинайте с менее измененного вмещающего гранита. Описывая следующий шлиф, не повторяйтесь, отмечайте только то, что видите новое». На следующее утро он появился вновь и стал сам просматривать шлифы. Быстро на четвертушках листа записывал характерные особенности породы и переходил к следующему

шлифу, сопровождая свои наблюдения устными комментариями: «мортель структура – признак перекристаллизации». Видя мой недоуменный взгляд, поясняет: «Так называется петельчатая структура в жильном кварце. Работу Адамса надо знать (S.F.Adams «A microscopic stadi of vein quartz» – эта статья по жильному кварцу месторождений разных глубин, опубликована в *Econom. Geol.*, № 1, 1920)»

«Как вы думаете, почему на окнах возникают крупные скелетные формы кристаллов льда, так называемая изморозь?» В ответ на молчание поясняет: «При реакции жидкой фазы с твердым телом в открытой полости происходит медленное химическое взаимодействие, что и определяет рост кристаллов внутрь полости по принципу геометрического отбора (принцип Лемлейна). При реакции с газовой фазой происходит иное: быстрый рост крупных кристаллов непосредственно по плоскости твердого тела».

«Почему граница двух тел наиболее благоприятна для развития гидротермального процесса? Здесь в растворе возникает разность химических потенциалов, ускоряется процесс диссоциации, а с этим растворение и отложение вещества».

«Почему вторичные включения кварца приурочены к трещинкам внутри его, а не к межзерновым участкам, если границы зерен считаются более благоприятными для движения растворов? Надо различать условия движения раствора и условия отложения из него вещества».

«Что помогает отличить реликтовый магматический кварц гранита и грейзена от гидротермального? У магматического наблюдается преимущественный рост граней пирамиды, а у гидротермального призм. Следите за размерами зерен кварца в граните, их формой и сопоставляйте со структурой кварцевой массы в грейзене, а затем и в кварцевой жиле. Вытянутость зерен кварца указывает на их рост под давлением, следовательно, он метасоматический. Мирмекит? Значит, было давление».

На следующее утро Феликс Николаевич вновь появляется и вновь садится за микроскоп. «Кварц образует жилу постепенно проедавая и замещая зону тонко подавленных и истертых пород. Сохранность полосчатости при метасоматозе объясняется тем, что отложению вещества предшествует растворение, а оно вначале происходит в интенсивно перетертых зонах, где образуется мелкозернистый агрегат, а затем в слабо разрушенных, где образуются крупные зерна. Структура жильной массы может зависеть от характера боковых пород. Например, кварцевая жилка пересекает фельзит, андезит и туф. У фельзита теплопроводность слабая, рост медленный и образуются крупные кристаллы. У андезита теплопроводность выше и зерна становятся мельче. У тонкого туфа теплопроводность очень большая и зерна возникают очень тонкие. Жилка здесь не будет иметь четких ограничений. Они будут исчезать, так как растворы легко проникают в туф и замещают его». Феликс

Николаевич на листке бумаги делает схематическую зарисовку, иллюстрирующую эти отношения.

«Гидротермальное отложение кварца не может быть связано с теми же гранитами, так как происходит только из пересыщенных растворов, что фактически наблюдается на всем пути их следования».

«Статистика свидетельствует, что мощные кварцевые жилы слабо рудные. Причина этого не ясна».

«Возникновение околожильных изменений таит противоречие. Околожильные изменения явно связаны с оруденением, так как в безрудных жилах их нет. Рост слюдки происходит от вмещающих пород, кварц на неё нарастает, а слюдка, в свою очередь, нарастает на него. Может быть потому, что прежде чем появиться кварцу, необходимо разложение калиевого полевого шпата на натровый с выделением кремнезема? Может быть, кварцевая жила является результатом грейзенизации в большом масштабе? Изучая связи кварцевых жил и метасоматических месторождений, надо смотреть, что на что налагается». И схематически изображает возможное развитие процесса очередной зарисовкой.

Через несколько дней беседа продолжается. «Оруденение моложе кварцевой жилы. Венчик кварцевых зерен на рудном минерале, бесспорно, замыкает его в кварцевую стадию. Реакция раствора при взаимодействии с осадителем ведет к одновременному изменению концентрации раствора и соотношений в составе его компонентов. Поэтому здесь и выпадает рудное вещество. В местах интенсивного дробления перелом в состоянии раствора более резкий, отсюда и более активное выпадение рудного вещества, и возникновение рудных столбов. Кварц из разных частей жилы – в столбах и вне их – должен различаться. В оруденелых блоках должны быть структуры перекристаллизации. Рисунок рудного столба может отразить структуру вмещающей породы. Надо объяснить участки рудного поля с преобладанием оруденелых блоков над безрудными. Распределение и разобщенность участников миграции должны быть пропорциональны мощности волны миграции».

Взятые в кавычки фразы воспроизведены по хранящимся у меня записям. Не на всех, но в части их имеются даты: 1959 год – 3.02, 12.03, 13.05, 25.05; 1960 год – 25.01, 27.01, 11.02, 25.03, 15.06, 1.11, 7.12, 19.12. Из перечисления дат видно, с какой регулярностью Феликс Николаевич следил за моей работой и как последовательно в течение двух лет он твердо выполнял условие моего приема на работу – через прохождение аспирантуры, хотя формально таковой не было.

Летом 1959 г. я вновь поехал на Колывань продолжать заниматься рудными столбами и одновременно расширял знакомство с геологической обстановкой рудного поля. Рассматривая обнажения порфировидных гранитов я стал замечать в них неправильные включения, напоминающие аплитовидные породы. Чаще всего они имели нечеткие границы и в них выделялись пятни-

стые участки более зернистой структуры с крупными порфирообластами калиевого полевого шпата, внешне такого же, как в окружающем порфировидном граните. Но иногда встречались включения и угловатых очертаний, напоминающие по форме обломки. К тому же возникло подозрение о одновременности рудной минерализации, так как в других участках массива порфировидных гранитов типовым минералом кварцевых жил и грейзенов является берилл, который на Колыванском месторождении никем не отмечался.

Этими наблюдениями и предположениями после возвращения в Новосибирск я поделился с Феликсом Николаевичем. «Во всем мире месторождения вольфрама и бериллия встречаются вместе», – ответил он. А когда показал образец контакта порфировидного гранита и аплита с кварцевой жилкой, услышал: «Вот и подумайте, почему она не прошла в гранит». По поводу включений в порфировидном граните сказал, что это шлиры. На мое замечание об угловатой форме ответил, что шлиры бывают разные и мне надо научиться в них разбираться. Феликс Николаевич, видя мое упорство, стал заметно раздражаться. И даже на длительное время прекратил со мной общение.

Возражать Феликсу Николаевичу по научным вопросам с его эрудицией было трудно, практически невозможно. Слушая его короткие, ёмкие фразы сразу же начинаешь теряться и невольно замолкаешь, ощущая беспомощность. В книге Даниила Гранина «Зубр» есть такая фраза: «Известный математик А.М.Молчанов, когда умерли Н.В.Тимофеев-Ресовский и М.В.Келдыш, сказал: мне некого больше бояться. Я боялся только этих двоих. Оба они соображали настолько лучше меня, что могли меня выставить дураком в моих собственных глазах». Нечто подобное испытываешь и в общении с Феликсом Николаевичем. Мне приходилось не раз наблюдать как солидные, остепененные и в разных званиях ученые мужи в разговоре с Феликсом Николаевичем, сталкиваясь с его возражениями, тут же меняли свою позицию на прямо противоположную и начинали ему поддакивать. В лучшем случае умолкали и, не вступая в спор, слушали, что он скажет. Рассказывали, что когда два академика – тектонист А.Л.Яншин и крупнейший знаток в области магматической геологии Ю.А.Кузнецов написали совместную статью «О внегеосинклинальном происхождении гранитов» и стали советоваться, кому дать её на предварительное чтение, то Юрий Алексеевич, якобы, сказал: «Конечно Ф.Н.Шахову, но я к нему не пойду». Со статьей к Феликсу Николаевичу пошел А.Л.Яншин. И это при том, что Юрия Алексеевича и Феликса Николаевича связывали многолетние самые уважительные и доверительные отношения, о чем сужу по отдельным, но неоднократно слышанным высказываниям Феликса Николаевича. С другой стороны, когда, например, на Ученом совете института была выдвинута кандидатура Юрия Алексеевича в действительные члены АН СССР,

то он сразу же выступил с самоотводом, заявив, что не считает возможным баллотироваться, когда в институте имеются другие, более достойные лица и назвал Феликса Николаевича. В итоге были утверждены обе кандидатуры. Другой пример. На защите докторской диссертации Ф.П.Кренделева Юрий Алексеевич выступил с резкой критикой представленной работы, что грозило полным её провалом. Но после выступления Феликса Николаевича более возражать не стал. Силу своего воздействия на оппонента, Феликс Николаевич, скорее всего, знал и по моим наблюдениям во многих случаях сам стремился её ослабить.

Перед началом нового полевого сезона Феликс Николаевич неожиданно сообщил, что едет со мной на Колывань. Очевидно, он все-таки задумывался над причинами моего упрямства. Решил лично проверить наблюдения, о которых я говорил, хотя и считал, что и без того хорошо знает геологию рудного поля. Но одновременно, своей твердой позицией в течение всего прошедшего времени вынуждал и меня глубже вникать в собственный материал и искать новые, более убедительные факты. Подобные столкновения ученика и учителя в науке, как известно, нередки. П.Л.Капица называл это явление «творческим непослушанием» и придавал ему исключительное значение, как в становлении ученого, так и в развитии самой науки (Наука и жизнь, № 2, 1987). Подозреваю, что Феликс Николаевич в свое время и сам прошел такую «школу непослушания». Думаю так, вот почему. В 1934 г. в журнале «Проблемы советской геологии» он опубликовал статью под названием «Материалы по геологии месторождений вольфрама и бериллия на Алтае», в которой изложил оригинальный взгляд на происхождение аплитов и аплитовидных гранитов. Эти передовые для того времени идеи глава Томской школы, его учитель и наставник М.А.Усов, тогда решительно и публично отверг, даже не посчитав нужным дать соответствующую ссылку на статью и назвать имя автора (М.А.Усов «Геология рудных месторождений Западно-Сибирского края», 1935, стр. 77). И хотя некоторые фактические данные, приведенные в этой статье по Колыванскому рудному полю, впоследствии не подтвердились, в теоретическом плане эта работа Феликса Николаевича сохраняет свое научное значение и ныне. Феликс Николаевич до самого последнего времени ценил высказанные в ней идеи, как-то сказал: «Дэли писал о том же, но позже меня». И добавил: «Иначе зачем бы я писал». Последняя фраза очень точно выражает его отношение к этике научных публикаций. Приходится сожалеть, что указанная работа почему-то не была включена в посмертно изданный сборник трудов Феликса Николаевича под общим названием «Магмы и руды». Впервые поставленная им еще в 30-е годы прошлого столетия и исключительно важная для понимания процесса формирования гранитоидных плутонов проблема аплитов и аплитовидных пород до сих пор не разрешена. А в этой статье наме-

чен один из возможных путей её решения, не утративший своей актуальности. Замечу, что все мои попытки отыскать её сейчас в библиотеках Москвы оказались безуспешными. Возможно остротой столкновения тогда взглядов учителя (Усова) и ученика (Шахова) объясняется один из самых загадочных для меня случаев, свидетелем которого однажды оказался. Это было в начале формирования лаборатории, когда мы находились еще на ул. Советской, 20. По каким-то делам я зашел в кабинет Феликса Николаевича. Там я увидел прислоненный к стенке большой портрет М.А.Усова маслом. Видимо заметив мой взгляд, Феликс Николаевич посмотрел на портрет и, не знаю почему, произнес: «Вот ведь, несмотря ни на что, а я все-таки уважаю Михаила Антоновича». Я много слышал высказываний Феликса Николаевича о Михаиле Антоновиче, но всегда только с глубоким к нему уважением. Вспоминая разные случаи из своей жизни он, бывало, частенько подчеркивал: «Этому научил меня Михаил Антонович». Память о своем учителе М.А.Усове он благодарно пронес через всю свою жизнь. А сейчас мемориальные доски обоих выдающихся ученых находятся рядом на фасаде здания их Альма-Матер – бывшего Сибирского технологического института в г. Томске, напоминая студентам новых поколений об их великих предшественниках.

Несомненно, Феликс Николаевич принадлежал к тем учителям, которые умеют ценить в своих учениках проявления неуступчивости, как бы она не задевала их самолюбие. Как-то обронил фразу: «Мне лучше такие ершистые, как (назвал фамилии), чем те, которые во всем со мной соглашаются». Подобными высказываниями, а они, как и всё, что говорилось Феликсом Николаевичем, моментально распространялись среди сотрудников лаборатории, он, очевидно, желал подбодрить тех, кто в столкновении с ним оказывался в более трудном положении, чем он сам. Поэтому не соглашусь с теми, кто высказывался в том духе, что с Феликсом Николаевичем невозможно спорить. А их приходилось встречать немало. Вспоминается, когда в 1968 г. познакомился с известным казахстанским геологом академиком Г.Н.Щербой и в разговоре услышал от него, что Феликс Николаевич всегда считает правым только себя, то для меня было ясно: Григорий Никифорович его просто не знает и с ним, вероятно, близко не общался. Подобные заблуждения можно объяснить только недооценкой знаний Феликса Николаевича. Чтобы убедиться в глубине и точности его знаний по тем проблемам, которыми он занимался, достаточно ознакомиться хотя бы с его последней статьей «История представлений о генезисе контактовых месторождений», опубликованной журналом *Geologie* в 1971 г. (русский перевод см. «Геология контактовых месторождений», 1976, с. 19–26). Кстати, статья была опубликована по инициативе редакции журнала, которая обратила внимание на тезисы его доклада к симпозиуму Международной Ассоциации по Истории геологических наук (Фрейберг,

14.09.70) и заинтересовалась их содержанием. Возражать ему, несмотря на подавляющую собеседника его эрудицию, было можно, но только с новыми, еще не знакомыми ему фактами конкретных геологических ситуаций.

Поездка на Колывань летом 1959 года была успешной. Прежней раздражительности в Феликсе Николаевиче не было видно. Когда пришли на обнажение с угловатыми обломками аплитовидного гранита в порфировидном, он уже сам стал обращать мое внимание на некоторые детали, показывающие механическое воздействие жидкой магмы на твердое тело включения. Тогда я понял, что он стал всерьез воспринимать мои наблюдения. Действительно, «дорогу осилит идущий»! В этот сезон нам особенно повезло. При осмотре стенок одной из заброшенных штолен в пространстве между крепью обнаружился большой участок пологого контакта порфировидного биотитового гранита, отчетливо секущего грейзенизированный аплитовидный гранит с круто залегающими в них кварцевыми жилами и прожилками с молибден-вольфрамовой минерализацией. Вместо обильного пирита с халькопиритом в рудных жилах в непосредственном контакте с порфировидным гранитом наблюдались скопления магнетита. Это были уже факты, снимающие все сомнения. Я попытался с помощью зубила отбить хорошие образцы, чтобы лучше представить картину обнажения. При одном из ударов кувалды от стенки штольни отвалилась крупная глыба, размером 75×40×25–30 см, ярко иллюстрирующая все мною увиденное. Не понимаю, как мне удалось протащить её через все завалы и перекрытия давно закрытой для посещения штольни! У входа в штольню мы вдвоем с шофером с трудом уложили глыбу на откидную дверку багажника газика и доставили её на базу отряда. Феликс Николаевич взглянул на неё и произнес: «Вот ваша диссертация». А самому полученные наблюдения позволили полнее развить идею о пульсационном характере кристаллизации гранитных магм (Геология и геофизика, № 10, 1961).

Из последней нашей поездки на Колывань остановлюсь еще на двух эпизодах. Однажды в маршруте Феликс Николаевич обратил внимание на то, что я долго документирую обнажение и делаю подробные описания. И тут же заметил: «Не надо много писать. В поле необходимо только установить залегание пород, осмотреть их выходы, сделать краткие записи и самое главное точно указать место взятия образца, который положить в заранее пронумерованный мешочек. Более обстоятельные записи и описание пород по образцам сделаете в отдельном дневнике во второй половине дня в лагере. В маршруте надо экономить время и в поле быть не более половины дня. Основное осмысление наблюдений и записи по ним делаются в спокойной обстановке в лагере». Помолчал и добавил: «Так меня учил Усов, а его Обручев».

Поле Феликс Николаевич любил. Более того, он заболел, когда долго не выезжал на полевые рабо-

ты. Однажды в маршруте (это было на Колывани) мы присели отдохнуть. Феликс Николаевич разулся, снял рубашку, решил погреться на солнце. За этим занятием стал вспоминать. Во время войны он долго не мог выехать в поле. Из-за этого сильно переживал. И заметил, что у него на ногах стали появляться какие-то мелкие волдыри, что-то вроде чирьев. Врачи ничего путного сказать не могли, и он не знал, что ему делать. Однажды, случайно, он встретил свою двоюродную сестру (или племянницу), она была хорошим врачом. За обычным при встрече разговором пожаловался на то, что с ним происходит. Она сразу же спросила, давно ли он был в поле? А затем объяснила, что такая же болезнь бывает у моряков, когда они долго не выходят в море и посоветовала выехать скорее в поле. Он любил поле, вероятно, как и все геологи. Но может быть и более, потому что вырос на Алтае, в предгорной степной его части. Если проезжал родные места, в его коротких воспоминаниях всегда звучали нотки пережитого счастливого времени, когда он мальчишкой ходил здесь с ружьем за плечом или с удочкой в руках, исчезая в этих вольных местах на целые дни и ночи! В поле он был всегда прост и никогда в общении со мной или с сотрудниками отряда не ощущалось давление его личности. Он никогда не вмешивался в организацию работы отряда, не отдавал каких-либо распоряжений, а при необходимости использовал старинную форму обращения: «В.В.!, распорядитесь, пожалуйста...».

Пройдя в молодости военную службу, Феликс Николаевич ценил хорошие стороны армейских порядков, о чем неоднократно высказывался. Но это не мешало ему, однако, иной раз и пошутить: «Когда Бог раздавал разум, — как-то высказался он — военные были на маневрах». При всей своей демократичности он понимал значение субординации в деловых обстоятельствах жизни.

Художественную литературу Феликс Николаевич знал хорошо и, судя по всему, интерес к ней был важным компонентом его жизни. Желая подчеркнуть необычность или, наоборот, типичность чего-то, пошутить или прокомментировать что-то, мог остроумно, во время и к месту процитировать Пушкина и Грибоедова (особенно часто), Лермонтова (Песня об удалом купце Калашникове), Гомера или русскую былинку «Авдотья Рязаночка» — это то, что вспоминается из мною слышанного. О существовании в старорусской литературе такого своеобразного и мудрого сказания, как упомянутая былина, повествующая о полном смертельной опасности походе простой русской бабы из разоренной Рязани в стан татарского хана, чтобы выручить из плена своих мужа, брата и сына, я услышал впервые от Феликса Николаевича. Увидев у меня какую-нибудь книгу, он тут же несколькими фразами мог высказаться о тех или иных её особенностях, причем в самом широком диапазоне художественных вкусов и исторических пристрастий. Увидев, например, «Крушение империи» М.Козакова, заметил: «Видно, что автор хорошо знал

верхи общества». По поводу «Доменщиков» А. Бека, рассказал интересные эпизоды из истории создания «Копикуза» (дореволюционное акционерное общество «Копи Кузбасса» – предшественник знаменитых впоследствиистроек Магнитогорского и Новокузнецкого металлургических комбинатов) и расшифровал скрытые под вымышленными именами в книге настоящие фамилии его активных деятелей. Высоко ценил «Сагу о Форсайтах» Голсуорси и одновременно «Клима Самгина» Горького. Когда я сказал, что как не пытался, не могу читать Г. Успенского, согласился и пояснил, что у него устаревший язык. Как-то поинтересовался, что я считаю лучшим у Гоголя. Когда я назвал «Мертвые души», сказал, что это – «Тарас Бульба». Не так давно я перечитал Гоголя и все-таки остаюсь при своем мнении. Но как точно уловил Феликс Николаевич! Действительно, можно только восхищаться и одновременно удивляться, каким образом удалось Гоголю, будучи самому болезненным и физически слабым человеком, вложить такую мощь в созданный им образ! Но не только это, видимо, и кровь казацкого рода заговорила в Феликсе Николаевиче при чтении Тараса Бульбы!

Можно еще многое вспоминать. Неформальное общение с Феликсом Николаевичем всегда было интересно и поучительно. Разговоры на свободные темы были обыкновенно короткими и возникали от случая к случаю, навеянные обычно какими-нибудь событиями. Инициатива в них исходила обыкновенно от него. Особо подчеркну, что внутрилабораторные темы никогда не затрагивались. О его аресте и пребывании на Колыме я не расспрашивал. Сам он коротенько касался этой темы два-три раза. Причину внезапного ареста он сначала не мог понять. Когда узнал, что арестован также И. Ф. Григорьев (академик, директор ГИНа) удивился еще больше. «Мы – говорит – занимали настолько разные позиции в исследованиях, что если его сажать, то меня надо было бы награждать. И, наоборот». С первого допроса бросил курить. Когда следователь предложил ему папиросы, заявил, что не курит. Не хотел быть в зависимости от его прихотей. Говорил, что физическое воздействие к нему не применялось, несмотря на то, что протоколы допроса с надуманными признаниями не подписывал. Объяснял это тем, что повезло со следователем. Говорил, что в условиях полевых работ наша охрана по существу выполняла функции обслуживающего персонала. Упоминал о совместных маршрутах с

Ю. М. Шейнманом: «Он тектонист, а я петрограф и у нас хорошо получалось». Потом с веселой улыбкой добавил: «Когда мы выходили из палатки, иногда слышались реплики коллег – опять два еврея пошли вместе!». Когда я высказался в том смысле, что если бы был жив М. А. Усов, то наверное их защитил, рассмеялся: «Да он первый был бы арестован! Единственный, кто обивал все пороги, чтобы нас выручить, был В. А. Обручев». В дополнение к сказанному укажу, что некоторые, к сожалению столь же краткие, сведения о пребывании Феликса Николаевича на Колыме можно прочесть в книге воспоминаний Н. А. Шилов (Записки геолога, т. 1, 2007), бывшего тогда в числе руководящих работников геологической службы Дальстроя.

Из заметок по Колывани, которые он продолжал делать, начиная с нашего «спорного» года, видна работа мысли Феликса Николаевича. Что-то им принималось, над чем-то он призывал задумываться. Шел нормальный диалог. Работа над монографией приостановилась. Общение с Феликсом Николаевичем становилось реже. Эти редкие встречи с ним заканчивались, по обыкновению, словами: «Работайте, там посмотрим». А время уходило... 24 октября 1971 г. был день его рождения. Группа сотрудников навестила Феликса Николаевича. Зная, что он болел, и, не желая лишний раз расстраивать его, я решил воздержаться от посещения и написал письмо, которым после поздравительных слов выразил свои искренние благодарные чувства к нему, как глубоко чтимому мною Учителю и Человеку. А через 6 дней его не стало.

Вновь, уже в который раз, перечитываю статью «Материалы по геологии Таналык-Баймакского медно-рудного района», с которой началось мое знакомство с Феликсом Николаевичем. Сопоставляю даты и не перестаю удивляться. Полевые геологические исследования он выполнял в 1926 г., на четвертом году после окончания института. Им тогда была изучена нижняя часть разреза палеозоя Магнитогорского синклинория, А верхнюю часть через тридцать лет, но также на четвертом году самостоятельной работы довелось достраивать мне. Мне было трудно расставаться со своей работой на Урале – она шла хорошо, устройства в жизни я не искал. Но какая-то неведомая сила не давала покоя и куда-то влекла меня, пока не привела к Феликсу Николаевичу. Мистика? «Счастлив тот, кто может провести связь конца жизни с её началом» – сказал Гёте. «Спасибо, Судьба» – скажу я.

80-летие Александра Николаевича Барышева

Александру Николаевичу Барышеву — старшему научному сотруднику ЦНИГРИ, доктору геолого-минералогических наук, Почетному разведчику недр, академику Российской академии естественных наук (РАЕН) 7 декабря 2015 г. исполнилось 80 лет.

Александр Николаевич после окончания Московского института цветных металлов и золота, где он получил диплом с отличием горного инженера геолога по специальности «Геология и разведка месторождений редких и радиоактивных руд», в мае 1959 г. начал работать в ЦНИГРИ.

А.Н.Барышев первые 25 лет работы в ЦНИГРИ посвятил колчеданным месторождениям Кавказа, Чингиза, Рудного Алтая, Гиссара, Урала. Результаты исследований геологических и палеовулканических структур рудных полей на основе картирования масштаба 1: 10 000, условий локализации, морфологии и генезиса рудных тел вошли в тематические отчеты и суммированы в диссертациях: кандидатской «Основные черты структуры Худесского рудного поля» (1965) и докторской «Строение и условия формирования колчеданосных систем вулканогенных геосинклиналей» (1983).

А.Н.Барышев один из первых в нашей стране показал теснейшую пространственно-временную связь колчеданных рудных тел с кремнекислыми экстрезивами и приэкстрезивными краевыми синклиналями или депрессиями (на примерах месторождений Худес, Николаевское, Ново-Золотушинское, Южный Карасан). Обобщение материалов по палеовулканическим структурам рудных полей, позиции и зональности месторождений послужило основанием для создания концепции о вулканогенно-рудных узлах как надочаговых рудно-магматических системах. Рудные поля в них представляют фрагменты этих закономерно построенных систем. Узлы имеют тенденцию периодически повторяться в пространстве через расстояние кратное 30 км. Позже было показано, что концепция применима к очаговым (плутоническим) магматогенно-рудным системам (узлам).

В последние 30 лет Александр Николаевич уделяет большое внимание региональным и глобальным металлогеническим и прогнозным исследованиям на основе системного структурно-формационного, тектонического, геодинамического анализа. С использованием геологических карт и карт полезных ископаемых масштаба 1:500 000 Кубы, Урала им были составлены металлогенические карты на структурно-формационной основе.

А.Н.Барышеву принадлежат новые разработки в тектонике. Им показано, что не движение литосферных плит, а краевые эффекты ячеистой конвекции вещества мантии и земной коры играют определяющую роль



в образовании зон субдукции. Той же конвекции обязана взаимосвязь субдукции, плюмообразования и извлечения вверх (эдукции) надстеносферных масс, что ведет к развитию вулканоплутонических ассоциаций с месторождениями, формирующимися за счет ремобилизации рудных компонентов из субдуцированных толщ. Составив тектоническую карту Средиземноморья в масштабе 1: 5 000 000, А.Н.Барышев впервые показал, что глубоководные бассейны, лишенные гранитного слоя, имеющие мощный осадочный слой и низкий тепловой поток, формируются в результате сначала деструкции сиала над ячеистым поднятием мантии, а потом опускания на периферии другого мантийного поднятия. К таковым относятся моря Левантийское и Черное в фанерозойской истории развития Тетиса. Это обосновано в монографии «Геоструктуры и минерагения Средиземноморья» (2005).

Большой опыт, полученный при составлении геологических и металлогенических карт разного масштаба, их анализа с позиций теоретической и экспериментальной тектонофизики привел А.Н. Барышева к разработке концепции о периодических геодинамических и металлогенических системах, которая представляет новое научное направление в тектонике и металлогении. В основе лежит теоретическое положение о реализации подъема глубинных масс Земли в поле силы тяжести по волновому закону. Длина волн зависит от мощности и вязкости всплывающих

масс. Нагретые на глубине породы, всплывая в области меньших давлений, последовательно снижают свою вязкость, вплоть до вязкости расплава, формируя магматические очаги. На основе системного анализа разработана общая модель связи геодинамики и металлогении, начиная от неоднородностей в ядре Земли, определяющих позицию глобальных металлогенических провинций, кончая магматогенной тектоникой, определяющей позицию месторождений.

Александр Николаевич автор почти 200 научных трудов, из них 140 опубликованных, среди которых 114 без соавторов. Он достойно представлял российскую геологическую науку за рубежом, работая в Болгарии и на Кубе. Является членом редколлегии журнала

«Отечественная геология», ученого и диссертационного советов ЦНИГРИ.

А.Н.Барышев награжден медалями «850-летие Москвы», «Ветеран труда», знаками и грамотами «300 лет геологической службы России», «Почетный член Российского геологического общества», «65 лет Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» и др.

Поздравляем Александра Николаевича с юбилеем, желаем здоровья и успехов в его научной деятельности.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

80-летие Виктора Ивановича Старостина

Виктору Ивановичу Старостину – доктору геолого-минералогических наук, профессору, заведующему кафедрой геологии и геохимии полезных ископаемых Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова 3 декабря 2015 г. исполнилось 80 лет.

После окончания с отличием Новочеркасского геолого-разведочного техникума и службы на Северном флоте, В.И.Старостин поступил на геологический факультет Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. С этого времени вся его деятельность связана с геологическим факультетом, где он защитил сначала кандидатскую (1965), а затем и докторскую (1977) диссертации.

Виктор Иванович Старостин – председатель секции наук о Земле, член президиума, академик Российской Академии естественных наук (РАЕН) с 1995 г., академик Международной академии наук высшей школы (МАН ВШ) с 1997 г., заслуженный деятель науки Российской Федерации (1996), главный редактор «Смирновского сборника (научно-литературного альманаха)» с 1994 г. и журнала «Известия секции наук о Земле РАЕН» (1998), член редколлегии журналов: «Геология рудных месторождений» (1978–1990), «Вестник Московского университета. Серия геология» (1989), «Руды и металлы» (1992), «Отечественная геология» (1993).

Область научных интересов Виктора Ивановича: геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, металлогения; структуры рудных полей и месторождений; тектонофизический и структурно-петрофизический анализ в рудной геологии и геоэкологии. Им созданы структурно-петрофизический метод выявления палеотектонических полей напряжения на последовательных этапах развития геологических структур и определения роли физико-механических свойств пород в рудообразовании, структурообразовании и геоэкологии.

В.И.Старостин разработал геодинамическую систематику геологических структур; выдвинул деформационно-скоростной способ формирования рудоконтролирующих структурных парагенезисов. Совместно с Б.А.Соколовым была обоснована новая научная концепция образования рудных и нефтегазовых месторождений. Сущность этой концепции заключается в том, что формирование месторождений происходит по одним и тем же общим законам саморазвития земной коры. Универсальным фактором, создающим условия перевода различных минеральных элементов из рассеянного состояния в породах в концентрированное в виде скоплений полезных ископаемых, служат флюидодинамические системы. Они представляют собой потоки флюидов, перемещающиеся в земной коре под воздействием градиентов давления и температур, обладающие определенными физико-химическими свойствами и осуществляющие функции



выщелачивания, тепломассопереноса и отложения минеральных компонентов.

В.И.Старостин – председатель Общественного фонда имени академика В.И.Смирнова при МГУ (1993), лауреат Ломоносовской премии 1 степени (1999). В Московском государственном университете читает курсы лекций: «Геология полезных ископаемых», «Металлогения», «Структурно-петрофизический анализ», «Введение в специальность», является руководителем методологического семинара «Проблемы геологии месторождений полезных ископаемых».

Среди учеников и последователей В.И.Старостина 27 кандидатов и 2 доктора наук; он опубликовал более 300 научных и учебно-методических работ, в том числе 10 учебников и учебных пособий, 9 монографий. Труды В.И.Старостина пользуются заслуженным вниманием как отечественной, так и зарубежной геологической общности. Его деятельность на посту председателя секции РАЕН и руководителя фонда В.И.Смирнова, ежегодно проводящего авторитетные «Смирновские научные чтения», высоко оценивается геологами нашей страны и способствует росту престижа, как геологических наук, так и геологических специальностей.

Виктор Иванович Старостин имеет звание «Почетный разведчик недр», награжден знаком «За заслуги в разведке недр», памятным знаком «300 лет горно-геологической службе России», государственным Орденом Дружбы.

Поздравляем Виктора Ивановича с юбилеем. Желаем ему крепкого здоровья и успехов в научной педагогической деятельности.

*Ученый совет геологического факультета МГУ
Секция наук о Земле РАЕН
Редколлегия журнала*

Список статей, опубликованных в журнале «Отечественная Геология» в 2015 г.

80-летие Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов. № 1. С. 3.

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Куликов Д.А., Петраш Н.Г., Черемисин А.А., Александрова А.Е. Количественная геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов категории P_1 и P_2 . № 6. С. 3.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

Карпузова Н.У., Арсеньев Б.П., Карпузов А.Ф. Центрально-Европейская серийная легенда – прообраз легенд серий листов геологических карт нового поколения. № 6. С. 14.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ И МИНЕРАГЕНИЯ

Анисимова Г.С., Соколов Е.П. Алтан-Чайдах – перспективный золоторудный объект Южной Якутии. № 5. С. 3.
Костин А.В., Кривошапкин И.И. Типы Fe-оксидных Cu-Au проявлений Восточной Якутии. № 5. С. 11.
Мигачёв И.Ф. Эволюция медно-порфирового рудообразования в фанерозое. № 2. С. 3.
Степанов В.А. Металлогенические зоны и рудно-россыпные узлы центральной части Приамурской золотоносной провинции. № 3. С. 3.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ

Докучаева Н.А., Андреева Е.Е., Арефьев Ю.М., Баранова А.Г., Ионов Г.М. Особенности изучения девонских отложений с целью прогнозирования их нефтеносности. №1. С. 7.
Киселева Н.Л. Некоторые особенности тонкой слоистости и внутренней структуры «сланцевых» нефтегазоматеринских толщ. № 2. С. 6.
Лурье М.А. Признаки проявлений фрактальности нефтегазовых систем и синергетических эффектов в нефтегенезе. № 1. С. 12.
Новиков Д.А. Оценка современного состояния нефтегазовой системы по результатам изучения водно-газовых равновесий (на примере палеозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири). № 3. С. 7.

РУДНЫЕ И НЕРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Агibalов О.А., Риндзюнская Н.М., Черемисина Е.А. К вопросу о генезисе золотоносных кор выветривания восточного склона Урала. № 6. С. 60.
Антонов А.Е., Гамянин Г.Н. Сквозная океанически-континентальная минерагеническая система (СОКС)

Якутии. № 6. С. 52.

Воробьёва С.В. «Коллизионная» геотектоническая структура земной коры в районе Балтийского щита и геологическая позиция главнейших месторождений. № 1. С. 30.

Граханов С.А., Сергеев С.А., Егоров К.Н. Возраст коренных источников алмазов арктической части Сибирской платформы. № 1. С. 18.

Гусейнов Г.С. Распределение золота и серебра в Дагкесаманском золотополиметаллическом месторождении (Малый Кавказ). № 1. С. 24.

Давыденко Д.Б., Клещенков А.В. Отображение объектов рудогенеза в результатах дистанционной флюидоиндексации. № 2. С. 28.

Донец А.И. Формационные типы месторождений золота и прогнозно-поисковые модели золоторудных районов Алтае-Саяно-Енисейской минералогической области. № 6. С. 26.

Егоров К.Н., Кошкарев Д.А., Гладков А.С. Структурно-вещественная эволюция и алмазоносность многофазной кимберлитовой трубки «Комсомольская» (Алакит-Мархинское поле, Якутия). № 3. С. 16.

Зинчук Н.Н. Особенности структурно-формационного формирования верхнепалеозойских алмазоносных отложений. № 6. С. 41.

Имамвердиев Н.А., Салманлы Р.М., Мусаев Ш.Д., Мансуров М.И. Среднеюрский островодужный вулканизм и связанное с ними золотое оруденение Човдорской площади (Малый Кавказ, Азербайджан). № 2. С. 102.
Миляев С.А., Кузнецов В.В., Чековадзе В.Б., Виленкина Ю.В. Сорбционно-солевые ореолы рассеяния колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая и их поисковое значение. № 2. С. 12.

Нигай Е.В., Диденко А.Н., Гурьянов В.А., Горошко М.В., Шевченко Б.Ф. Тектонические и магматические факторы контроля благороднометалльного оруденения Верхнего Приколымья. № 4. С. 17.

Першин Г.Д., Уляков М.С. Состояние и перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы камнедобывающей промышленности Урала. № 4. С. 28.

Салихов В.С. К оценке возраста удоканской серии (западная часть Алданского щита). № 3. С. 24.

Серавина Т.В. Геологическое строение и петрохимические особенности рудоносных вулканогенно-осадочных отложений Березовогорского рудного поля (Рудный Алтай). № 4. С. 3.

Удорткина О.В., Андреев В.Л., Капитанова В.А., Ларионов А.Н. Редкометалльные гранитоиды (месторождение Неудачное, Полярный Урал). № 4. С. 9.

Шнайдер А.А., Коновалова Н.С. Минеральные формы нахождения радиоактивных элементов в оловорудных месторождениях разных генетических типов Дальнего Востока России. № 2. С. 19.

Щербакова Т.А. Модель формирования магнезит-гидромагнезитовых залежей в Оренбургской области. № 6. С. 35.

СТРАТИГРАФИЯ, РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНИКА

- Баранов В.В., Блуджетт Р.Б. Раннедевонские спирифериды (Brachiopoda) Северо-Востока Евразии и Северной Америки. № 5. С. 77.
- Гарагаи И.А., Корнева Р.Г., Патрикеев В.П., Усенко С.В., Хортов А.В., Шлезингер А.Е. Тектонические структуры мирового океана и континентов и их ограничения. № 3. С. 30.
- Гриненко В.С., Князев В.Г., Девятков В.П., Кузнецова О.А. О характере границы нижней–средней юры в зоне сочленения Сибирская платформа–Верхоянский складчатонадвиговый пояс. № 5. С. 83.
- Колосов П.Н., Троегубова И.Н. Биоморфные структуры в никольской свите неопротерозоя Уринского поднятия (Якутия). № 6. С. 69.
- Константиновский А.А., Липчанская Л.Н. Билякчанский и Улканский раннедокембрийские рифты: строение и особенности структурной позиции. № 2. С. 57.
- Кутыгин Р.В. Первая находка гониатитов рода *Svetla-poceras* на Северо-Востоке Азии. № 5. С. 72.
- Михеева А.В., Хазанович-Вульф К.К. Геоструктурные и гравитационные элементы астроблем как указатели направления движения космического тела. № 2. С. 71.
- Третьяков Ф.Ф., Прокопьев А.В. Тектоническое строение северной части Южно-Верхоянского орогенного пояса (Восточная Якутия) по данным опорного геофизического профиля 3-ДВ. № 5. С. 96.
- Третьяков Ф.Ф. Стадии надвигового этапа позднемезозойских деформаций Верхояно-Колымской орогенной области. № 5. С. 89.

ЛИТОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

- Абдумоминов Ш.А. Металлоносность верхнеэоцен-нижнеолигоценных осадочных кварцевых песков и песчаников в Приташкентском районе (Узбекистан). № 4. С. 63.
- Барнов Н.Г., Мельников Е.П., Викторов М.А. Типоморфизм рубинов и сапфиров. № 4. С. 42.
- Барышев А.Н., Хачатрян Г.К. Влияние тектонического поля напряжений на механизм роста, структуру кристаллов алмаза в связи с общей геодинамикой алмазообразования. № 1. С. 41.
- Березкин В.И., Зайцев А.И., Кравченко А.А. Геохимия чарнокитовой серии массива Емеллели Алдано-Станового щита. № 5. С. 61.
- Глухов А.Н., Фомина М.И. Новые данные о стратиформной полиметаллической минерализации в карбонатных толщах Приколымского террейна (Северо-Восток России). № 3. С. 37.
- Граханов С.А., Молотков А.Е., Олейников О.Б., Павлушин А.Д., Помазанский Б.С. Типоморфизм и изотопия алмазов триасовых туфов Булкурской антиклинали. № 5. С. 16.
- Лихачев А.П. Состав и генезис оливинов магматических

- образований Норильского района. № 2. С. 80.
- Окулов А.В., Шкурский Б.Б., Романова Е.А., Данилов В.В., Гурвич М.Ю. Ювелирные гранаты Кительского месторождения из раскопок в Твери. № 4. С. 50.
- Орлов Ю.С., Трунилина В.А., Роев С.П., Иванов А.И. Состав и рудоносность магматических образований Гирибдичанского интрузивного ряда (Верхояно-Колымская орогенная область). № 5. С. 41.
- Павлушин А.Д., Олейников О.Б., Граханов С.А. Генезис асимметричных скульптур микрорельефа растворения на кривогранных додекаэдрических кристаллах алмаза из россыпей северо-востока сибирской платформы. № 5. С. 22.
- Полуфунтикова Л.И., Фридовский В.Ю. Литохимия верхнекаменноугольных отложений Южного Верхоянья. № 5. С. 52.
- Попов Ю.В., Гулов О.А., Васенко В.И. О строении и составе толщи илов Сакского озера (Крым). № 3. С. 45.
- Рященко Т.Г. Системный анализ циклично построенных разрезов четвертичных глинистых и лессовых отложений. № 3. С. 53.
- Трунилина В.А., Орлов Ю.С., Роев С.П. Связь магматизма и оруденения в Такалканском рудно-магматическом узле. № 5. С. 33.
- Шкодзинский В.С. Генезис россыпей с неизвестными коренными источниками алмазов. № 5. С. 27.

ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

- Имаева Л.П., Козьмин Б.М., Имаев В.С. Структурно-динамический анализ очаговой зоны Гонамского землетрясения (юго-восточный сегмент Алданского блока). № 6. С. 76.

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА МИРОВОГО ОКЕАНА

- Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Ли Н.С., Крамчанин К.Ю., Огородний А.А. Вулканогенные полициклические окраинно-континентальные пояса Япономорского региона: палеозоны перехода континент–океан. № 1. С. 74.
- Куприн П.Н. Структура и геологическая история квазиостроводужной системы Минахаса-Сангixe. № 1. С. 64.
- Углов Б.Д., Егоров В.И. Геолого-геофизическое моделирование районов развития глубоководных полиметаллических сульфидов на примере рудного поля ТАГ Срединно-Атлантического хребта. № 1. С. 54.

ДИСКУССИИ

- Ахманов Г.Г., Егорова И.П., Михайлик П.Е., Гревцев В.А., Наумкина Н.И., Семенова Г.М. К генезису травертиноподобных баритов впадины Дерюгина (Охотское море). № 1. С. 82.
- Бакулин Ю.И. Пути повышения эффективности изучения магнетизма при геологических исследованиях. № 2. С. 96.

Белозеров Н.И., Савченко И.Ф., Гиренко И.В. Источник углеводородов месторождений нефти и газа. № 1. С. 89.
Жирнов А.М. Северный трехлучевой мегаконтинент Земли: новые данные. № 4. С. 79.
Жмакин В.М. Условия на Земле в раннем докембрии и образование железистых кварцитов. № 3. С. 84.
Лебедев М.В. Уточнение формулировки закона Головкинского-Вальтера. № 3. С. 62.
Нигматзянов Р.С. Галактическая первопричина границ в истории Земли. № 3. С. 70.
Трунаев Е.М. Образование Земли и вехи геологической истории. № 4. С. 70.

РЕЦЕНЗИИ

Круподеров В.С. Инженерная геология. России. Инженерная геодинамика территории России. № 2. С. 99.
Кучин Е.С. Об уровне Мирового океана, трансгрессиях, регрессиях и минеральных ореолах. № 4. С. 85.
Шатров В.П. Геолого-геофизическая модель строения земной коры северной части Восточного Урала и Западной Сибири. № 1. С. 93.

ИНФОРМАЦИЯ

Кориневский В.Г., Кориневский Е.В. Ключевит – уникальная троилит-кварцевая порода из России. № 4. С. 88.
Силин И.И. Об иерархическом подходе к изучению рудоносных площадей и его практическое применение (памяти Л.Н.Овчинникова и А.А.Головина). № 4. С. 95.
Чемоданова Т.В. Минералогическая коллекция Л.П.Прохоровой. № 2. С. 100.

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Потапов В.В. Воспоминания о Феликсе Николаевиче Шахове (к 120-летию со дня рождения). №6. С. 81.
Шварцев С.Л. Сплав знаний и умений их разностороннего использования (110-летие академика Г.В.Богомолова). № 3. С. 92.
 75-летие Георгия Владимировича Ручкина. № 1. С. 96.
 80-летие Александра Николаевича Барышева. № 6. С. 89.
 80-летие Виктора Ивановича Старостина. № 6. С. 91.
 Памяти Алихана Бепбаевича Дзайнукова. № 5. С. 100.
 Памяти Владимира Тихоновича Фролова. № 2. С. 103.
 Памяти Гинаята Рахметуллича Бекжанова. № 2. С. 102.

Правила направления, рецензирования и опубликования научных статей, представляемых в журнал «Отечественная геология»

Образец оформления статьи:

УДК.....	© К.П.Комаров, П.С.Егоров, 2015
Геологическое строение Кольского полуострова	
К.П.КОМАРОВ, П.С.ЕГОРОВ (Кольский научный центр РАН; адрес)	
<i>Аннотация</i> (на русском языке, не более 5-7 строк)	
.....	
.....	
.....	
<i>Ключевые слова</i> (на русском языке, не более 5-7 слов)	
Ф.И.О. (полностью), e-mail	
Перевод названия статьи на английский язык (полужирным шрифтом)	
K.P.KOMAROV, P.S.EGOROV	
<i>Аннотация</i> (на английском языке, не более 5-7 строк)	
.....	
.....	
<i>Key words</i> (не более 5-7)	
<i>Адрес для переписки - почтовый, телефон, e-mail:</i>	
Далее	
ТЕКСТ СТАТЬИ	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	

1. Рукопись статьи подготавливается в соответствии с образцом оформления и представляется с установленными сопровождающими документами: письмом (разрешением на опубликование) руководителя учреждения и экспертным заключением о возможности публикации в открытой печати. В конце статьи ставятся подписи всех авторов. В том случае, если автор не один, то указать фамилию автора, с которым будет вестись переписка.

2. К материалам, направляемым в редакцию, должна быть приложена справка об авторе (авторах) с указанием: фамилии, имя, отчества, ученой степени, звания, должности, места работы, адреса для переписки (почтового), телефона, e-mail каждого автора.

3. Научные статьи, поступившие в редакцию, подлежат обязательному рецензированию с целью их экспертной оценки:

а) при первичной экспертизе рассматриваются сопроводительные документы, оценивается соответствие научной статьи профилю журнала, правилам оформления и требованиям, предъявляемым к авторам статей, установленным в редакции;

б) главный редактор направляет поступившую статью на рецензирование специалисту, доктору или кандидату наук, который является признанным специалистом по тематике рецензируемого материала и имеет в течение 3-х лет публикации по тематике рецензируемой статьи;

в) формы рецензирования статей: научное рецензирование внештатными рецензентами; оценка статей письменными заключениями членов редколлегии; стороннее рецензирование (автор прилагает к статье рецензию, написанную рецензентом, не связанным с местом работы авторов статьи, оформленную и заверенную в установленном порядке), при этом редакция оставляет за собой право на проведение дополнительного рецензирования; рецензирование проводится конфиденциально;

г) сроки рецензирования определяются главным редактором по каждому конкретному случаю отдельно;

д) если рецензия положительная, но содержит замечания, пожелания и рекомендации по исправлению

статьи, то статья направляется автору на доработку; переработанная авторами статья повторно направляется на рецензирование;

е) в случае отклонения статьи (отрицательная рецензия) редакция направляет авторам статей рецензию или мотивированный отказ за подписью главного редактора; редколлегия не вступает в дискуссию с авторами отклоненных статей; рукописи не возвращаются авторам и статьи, отклоненные редколлегией, повторно не рассматриваются;

ж) после принятия редколлекцией решения о допуске статьи к публикации автор статьи информируется об этом;

з) не подлежат обязательному рецензированию: информативные сообщения и объявления, интервью, репортажи с круглых столов, конференций и др.

4. В журнале не публикуются статьи, излагающие обобщения и предположения, не вытекающие из публикуемого оригинального фактического материала; серийные и излагающие отдельные этапы исследований, не представляющих общего интереса.

5. Объем статьи не должен превышать 20 страниц, включая таблицы и список литературы. Следует оставить поля: сверху (2 см), снизу (2 см), справа (1 см) и слева (3 см). Все страницы рукописи нумеруются. В редакцию представляются два экземпляра статьи — распечатка с принтера, а также текст на дискете в Text format (*.rtf), (*.doc) с использованием шрифта Times New Roman Cyr. (размер 12, полуторный межстрочный интервал). В отдельные файлы помещаются статья, таблицы. Возможна передача статей по электронной почте: ogeo@yandex.ru, tsnigri@tsnigri.ru.

6. Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 2.0.

7. Список литературы дается сквозной нумерацией в алфавитном порядке. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник из списка литературы приводятся соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не включаются неопубликованные работы.

8. Рисунки и другие графические материалы (не более 4) в цветном и черно-белом вариантах прилагаются к статье в двух экземплярах в отдельном конверте. На обратной стороне каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формата страницы журнала. Рисунки принимаются в виде фотокопии (на глянцевой бумаге), на дисках с распечаткой на бумаге. Цифры и буквы в условных обозначениях, вынесенных за пределы рисунка, даются курсивным шрифтом. Текстовые и цифровые надписи на рисунках набираются на компьютере. Размер букв и цифр должен быть не менее 2 мм, толщина линий рисунка — не менее 0,2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: графический редактор Corel Draw (*.cdr), Encapsulated Post Script (*.eps), TIFF — только для фото (*.tif), Диаграмма Microsoft Excel (*.xls). Графика должна быть прямо связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.

9. Подписи подписываются на отдельной странице (текстовый файл, после списка литературы). Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

10. С целью облегчения редактирования статей следует использовать термины и понятия в значениях, отраженных в следующих изданиях:

Толковый словарь английских геологических терминов. Перевод с английского / Под ред. Н.В.Межеловского. — М.: Геокарт, 2002.

Российский металлогенический словарь / Под ред. А.И.Кривцова. — С-Пб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003.

Термины и понятия, используемые при прогнозно-металлогенических исследованиях. — С-Пб, 1991.

11. Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать название статьи, текст, рисунки.

12. Статьи, превышающие установленный объем или не отвечающие данным требованиям, возвращаются автору.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Плата с авторов за публикацию (в том числе с аспирантов) не взимается. Гонорар не выплачивается. Автор, подписывая статью и направляя ее в редакцию, тем самым предоставляет редакции право на ее опубликование в журнале и размещение в сети «Интернет».

Направление в редакцию работ, опубликованных ранее или же намеченных к публикации в других изданиях, не допускается.

С 2016 г. журнал будет печататься в цветном варианте!