



УДК 551.72:553.411(571.52)

ПРОБЛЕМЫ СТРАТИГРАФИИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТЕРОЗОЙСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ В СВЯЗИ С ИХ ЗОЛОТОНОСНОСТЬЮ (ЮГО-ВОСТОК АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

А. Б. Гинцингер, М. К. Винкман

Решение проблемы золотоносности протерозойских и нижнекембрийских образований чрезвычайно важно, прежде всего для экономического развития России. В связи с этим удалось не только значительно уточнить и детализировать стратиграфию протерозоя и нижнего кембрия юго-востока Алтае-Саянской области, но и выявить литостратиграфические уровни, напрямую связанные с золотоносностью (балыктыгхемская, чартысская, чингинская, мугурская, кускунгская, омгешенская, колпинская, ирбитейская свиты, в которых содержатся мощные образования черных углеродистых сланцев, с которыми и связана золотоносность). Всесторонне рассмотрены палеогеографические аспекты формирования осадков, в том числе имеющих непосредственную зависимость от активности геодинамики перспективных регионов и климата. Высказано мнение о целесообразности постановки специализированных дополнительных исследований, напрямую направленных на выявление районов, наиболее перспективных для открытия золотоносных месторождений.

Ключевые слова: протерозой, нижний кембрий, золотоносность, свита, сланцы, перерыв, проба, геодинамика, стратиграфия, палеогеография.

ASPECTS OF STRATIGRAPHY AND FORMATION CONDITIONS OF PROTEROZOIC BODIES CONSIDERING THEIR GOLD CONTENT (SOUTHEASTERN ALTAI-SAYAN REGION)

A. B. Gintsinger, M. K. Vinkman

Study of gold potential of Proterozoic and Lower Cambrian formations are extremely significant nowadays, foremost, for the economic development of Russia. The southeastern part of the Altai-Sayan region is one of the most promising in this regard. The authors succeeded in both specifying of the Paleozoic and Lower Cambrian stratigraphy of the region and revealing of lithostratigraphic datums directly associated with a gold content. Those are lithostratigraphic units, such as the Balyktyg-Hem, Chartys, Chinge, Mugur, Kuskung, Omgesh, Kolpa, Irbitei, which contain thick black carbonaceous shale formations associated with the gold potential mentioned above. The paper comprehensively considers paleogeography aspects of deposits formation, including those directly depending on geodynamics in promising regions and climate. The authors claim that it is reasonable to carry out extra research aimed at revealing of the most promising regions to host gold-bearing deposits.

Keywords: Proterozoic, Lower Cambrian, gold content, formation, shales, break, sample, geodynamics, stratigraphy, paleogeography.

От редакции: Эта статья была написана в конце 1980-х гг., но по некоторым причинам не была тогда опубликована. Ее авторы – известные сибирские геологи А. Б. Гинцингер (1918–2002) и М. К. Винкман (1911–2015). С нашей точки зрения и с учетом мнения ряда экспертов, многие рассматриваемые в ней проблемы до настоящего времени актуальны, а выдвигаемые тезисы, несмотря на появление с тех пор новых фактических данных, все еще могут служить предметом серьезной дискуссии. Когда статья уже готовилась к верстке, в апреле 2015 г. на 104-м году жизни скончалась Мария Карловна Винкман. Таким образом, эта публикация является также данью памяти двум замечательным сибирским геологам.

Черные сланцы и другие углеродистые породы докембрия привлекают внимание исследователей в связи с поисками возможных носителей целого ряда рудогенных элементов, в том числе золота, в промышленных количествах. Крупные месторождения золота стратиморфного типа, связанные с углеродистыми сланцами, известны не только в России, но и за рубежом.

Докембрийские отложения, содержащие углеродистые породы, развиты и в Алтае-Саянской

системе. Это послужило основанием для постановки в СНИИГГиМС исследований по изучению стратиграфии докембрийских черных сланцев как основы для разработки прогнозных карт на золото. Исследования продолжались шесть лет, главным образом в Туве и в южных складчатых областях Восточного Саяна, где черносланцевые породы распространены наиболее широко. Важнейшим методом их изучения стало детальное геологическое картирование с прослеживанием маркирую-



щих горизонтов по простиранию и отбором проб на анализы. В результате установлены слои и пачки, содержащие золото, осуществлено уточнение стратиграфического положения и соотношение коррелируемых свит докембрия [7, 10, 15, 16].

В предлагаемой статье кратко освещена стратиграфия докембрийских образований с указанием местоположения пачек черносланцевых пород. В заключительной части рассмотрены условия формирования мугурско-балыктыгхемско-чартысского комплекса, содержащего золотоносные сланцы.

В нагорье Сангилен А. В. Ильиным и В. М. Моралевым к нижнепротерозойским отложениям отнесены тесхемская, чингилинская, мугурская и балыктыгхемская свиты [12]. Наши исследования внесли существенные изменения в описание их строения, что было связано с другой трактовкой соотношения свит.

А. В. Ильин [11] считал, что тесхемская свита кристаллических сланцев, гнейсов и амфиболитов и сменяющая ее (в его представлении – без перерыва) мугурская свита, состоящая из мраморов, углеродистых и железистых кварцитов, вместе являются стратиграфическим эквивалентом чингиликской свиты, сложенной метапесчаниками и метасланцами. Разделяя представления А. В. Ильина и В. М. Моралева о смене по латерали относительно слабо метаморфизованных пород чинчиликской свиты на метаморфические образования амфиболитовой фации, мы, тем не менее, пришли к выводу, что чинчиликская свита по стратиграфическому положению соответствует лишь тесхемской, а мугурская расположена в разрезе значительно выше. Отмеченный метаморфизм отложений докембрия присущ не только образованиям нагорья Сангилен. Его проявления известны и в Восточном Саяне (Базыбайский выступ), в Кузнецком Алатау (Томский выступ) и в других регионах. Часто степень метаморфизма считается решающим возрастным признаком, что нередко приводит к серьезным ошибкам. Подобное случилось и с чинчиликской свитой. Сравнительно свежий облик пород стал для некоторых исследователей основанием «омолодить» ее. Так, Г. П. Александров и др. [1], Г. Г. Лепезин [13] поместили эту свиту в разрез раннего кембрия, но Ф. П. Митрофанов и др. [14] относили ее либо к рифею, либо даже к позднему архею.

Рассмотрим соотношение чинчиликской и тесхемской свит, с одной стороны, и мугурской и балыктыгхемской – с другой. После изучения отложений двух последних на Мугурском и Моренском месторождениях железистых кварцитов мы пришли к выводу, что их отложения синхронны и отделены несогласием и перерывом от подстилающей их тесхемской свиты. Это установлено А. Б. Гинцингером и др. [5–7] по несоответствию в простираниях контактирующих свит и признакам размыва. Однако В. Д. Вознесенский и др. [4] полагали возможным коррелировать верхнюю часть мугурской

свиты с балыктыгхемской и чартысской. Нижнюю ее часть они поместили под балыктыгхемскую свиту, отметив непрерывность в последовательности тесхемской, мугурской, балыктыгхемской свит.

Изучая разрезы по рр. Чангус и Кошкелиг, мы доказали, что железистые кварциты не принадлежат, как считали прежде, к чингиликской свите. В действительности, как следует из материалов детально закартированного опорного участка [6], это один из составных компонентов базальной пачки, залегающей выше (с несогласием) балыктыгхемской свиты [7]. Доказана также стратиграфическая эквивалентность балыктыгхемской свиты со стратотипом мугурской, которую ранее помещали под балыктыгхемской.

Очевидно, дорифейские отложения Сангилен можно разделить на два структурных (но не структурно-метаморфических) комплекса: эрзинский (или моренский) в объеме тесхемской (=чинчиликской) свиты и балыктыгхемской + чартысской свит и сопоставляемой с ними мугурской.

В связи с обсуждением соотношения свит необходимо упомянуть и проблему их возраста. Большинство исследователей считали возраст тесхемской, мугурской и балыктыгхемской свит раннепротерозойским. Некоторые относили тесхемскую и мугурскую свиты к архею, балыктыгхемскую – к раннему протерозою [1]. К сожалению, радиометрических данных для их возрастной датировки нет, как и для перекрывающих отложений нарынской свиты (бассейн р. Нарын), относящихся к рифею. Таким образом, существующие представления о дорифейском возрасте донарынских отложений в значительной мере условны. Они базируются лишь на общих геологических предпосылках. Основным критерий для отнесения их к дорифейским образованиям – стратиграфический. В одном из наиболее полных разрезов докембрия Сангилен, вскрытом в отложениях бассейна р. Нарын, на существенно карбонатном комплексе пород балыктыгхемской + чартысской свит несогласно расположена карбонатная нарынская свита, содержащая обильную невландиевую проблематику [5]. Это позволило сопоставить нарынскую свиту с мочегинской Восточного Саяна, некоторыми свитами Кузнецкого Алатау и Горной Шории и отнести ее к среднему рифею. Если это так, то есть все основания отложения балыктыгхемской + чартысской свит и сопоставляемые с ними породы мугурской свиты считать раннепротерозойскими. Несомненно, более древними, но, по-видимому, тоже раннепротерозойскими являются и породы тесхемской свиты и ее стратиграфического аналога – чингиликской.

Рассматриваемые свиты Тувы давно сопоставлены с похожими на них (по литологической характеристике и последовательности) подразделениями докембрия, развитыми на смежной с Тувой территории Восточного Саяна [16]. Авторы значительно уточнили корреляцию размещения черно-



сланцевых слоев в свитах. Эквивалентные тесхемской и балыктыгхемской свитам отложения развиты в Кузнецком Алатау и Горной Шории – конжинская и терсинская свиты.

Отложения балыктыгхемской + чартысской, терсинской и других свит, коррелируемых с ними, отличаются устойчивостью основных литологических свойств, что делает их достаточно надежным стратиграфическим репером в разрезе докембрия Алтае-Саянской области. Именно поэтому несогласие в основании отложений балыктыгхемской свиты и приуроченность к ее базальной части отложений, включающих железистые кварциты, имеют важное значение для решения не только частных, но и межрегиональных вопросов геологии докембрия, так или иначе связанных с проблемой реконструкции докембрийской истории развития юго-западного складчатого обрамления Сибирской платформы.

Анализ распространения и особенностей отложений балыктыгхемской + чартысской свит и их аналогов в Алтае-Саянской области позволил реконструировать палеогеографическую модель для времени формирования отложений балыктыгхемской свиты и прийти к пониманию условий образования мугурской, балыктыгхемской и чартысской свит в пределах западной части нагорья Сангилен. Здесь установлены две фациальные зоны, благоприятные для накопления отложений балыктыгхемской свиты. В одной, находящейся ближе к области сноса и занимающей площадь, которая в настоящее время относится к междуречью Морен – Теректиг-Саир, отлагались преимущественно терригенные осадки, в другой, более мористой, располагавшейся к западу и юго-западу от первой, преобладало карбонатное накопление. В обеих зонах, но в основном в карбонатной существовали условия, благоприятные для захоронения в осадках огромного количества органического вещества, которое, видимо, было главным сорбентом золота.

Авторами собран материал, свидетельствующий о наличии и широком распространении в хр. Восточный Танну-Ола (Тува) пород докембрия более высокого возрастного уровня (см. рисунок). Здесь самыми древними являются отложения кадвойской, серлигской и ирбитейской свит, которые всеми исследователями относятся к раннему кембрию, поскольку имеются сведения о присутствии археоциат в каждой из них. Изучение этих свит показало, что археоциаты и другие группы фауны раннего кембрия выявлены только в ирбитейской свите, а в нижележащих серлигской и кадвойской их нет (результаты работ А. Б. Гинцингера в 1979 г.). Наряду с этим впервые установлено присутствие неповсеместно развитой существенно известняковой толщи (улуг-саирская свита на участке лога Улуг-Саир) или кремнисто-терригенно-известняковой (онгешская свита на участке р. Онгеш), залегающей между серлигской и ирбитейской свитами

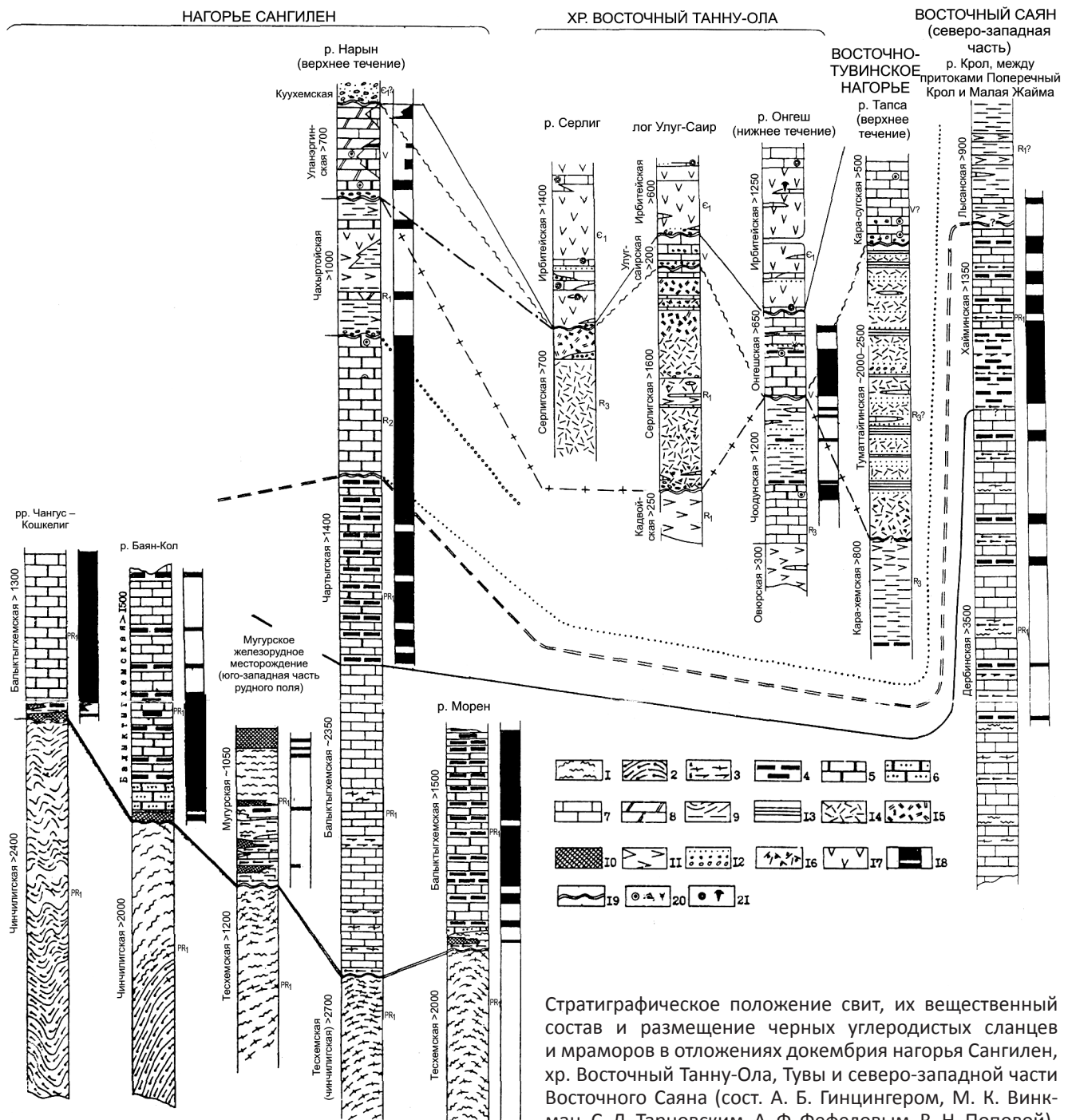
и отделенной от обеих несогласием [18]. Фоссилии, характерные для нижнего кембрия, в онгешской свите отсутствуют. Есть основания говорить о докембрийском возрасте кадвойской, серлигской, онгешской, улуг-саирской свит и в связи с этим иначе подходить к расшифровке геологического развития района. Необходимо заметить, что отложения онгешской и улуг-саирской свит палеонтологически изучены крайне недостаточно, поэтому их докембрийский возраст нельзя принимать как окончательно доказанный. Но даже если они и окажутся раннекембрийскими, то осадки серлигской свиты и подстилающая ее кадвойская могли формироваться только в докембрии, поскольку серлигская свита отделена от улуг-саирской несогласием.

Исследования, проведенные авторами в верхнем течении р. Тапса в Восточно-Тувинском нагорье, дали дополнительный материал для обоснования докембрийского возраста тумматтайгинской свиты (см. рисунок).

Можно полагать, что завершение формирования осадков тумматтайгинской свиты и начало накопления отложений кара-сугской были разделены большим временным интервалом. Это вместе с вероятной принадлежностью кара-сугской свиты к верхней части венда позволяет отнести к докембрию кара-хемскую и тумматтайгинскую свиты. Есть данные и других исследователей, указывающие на позднерифейский возраст тумматтайгинской свиты [6].

Сравнительный анализ строения верхнедокембрийских отложений бассейна верхнего течения р. Тапса и хр. Восточный Танну-Ола показывает, что здесь имеет место одинаковый порядок последовательности сходных по составу свит. Это отражает общность в направленности изменения геодинамического режима на значительной площади и позволяет уверенно сопоставлять кара-хемскую, тумматтайгинскую и кара-сугскую свиты бассейна верхнего течения р. Тапса с кадвойской, серлигской и улуг-саирской (=онгешской) свитами хр. Восточный Танну-Ола соответственно.

В рассмотренных свитах докембрия Тувы, стратиграфическое расположение которых мы смогли определить, черные сланцы оказались на разных стратиграфических уровнях. Они входят в состав балыктыгхемской + чартысской свит и сопоставляемой с ними мугурской. Кроме того, они являются характерным породным компонентом кускунгской и онгешской свит (см. рисунок). Отложения этих докембрийских свит, а также нижнекембрийских (колпинской (Восточный Саян) и ирбитейской (северо-запад нагорья Сангилен)) нами были опробованы на золото, причем не только черные сланцы, но и мраморы, обычно черные углеродистые, метакварциты, конгломераты и другие породы. Пробирный анализ показал присутствие повышенных содержаний золота во всех пробах.



Стратиграфическое положение свит, их вещественный состав и размещение черных углеродистых сланцев и мраморов в отложениях докембрия нагорья Сангилен, хр. Восточный Танну-Ола, Тувы и северо-западной части Восточного Саяна (сост. А. Б. Гинцингером, М. К. Винкман, С. Л. Тарновским, А. Ф. Фелеловым, В. Н. Поповой)

1 – кристаллические сланцы; 2 – метакварциты, кварциты полевошпатовые, биотитовые; 3 – гнейсы (а), амфиболиты (б); 4 – черные углеродисто-кремнистые, углеродисто-серицитовые сланцы и алевросланцы; 5 – черные и темно-серые мраморы; 6 – светлые мраморы, местами с графитом; 7 – известняки; 8 – доломиты, известковистые доломиты; 9 – метаморфические сланцы: серицитовые, хлорит-серицитовые, амфибол-хлоритовые, биотитовые с прослоями метапесчаников, местами амфибол-кремнистые сланцы с андалузитом, кремнистые сланцы; 10 – рудоносная пачка: кварциты, железистые кварциты, амфиболиты, амфибол-биотитовые гнейсы, гранат-амфибол-биотитовые сланцы, кварц-мусковитовые сланцы, углеродисто-слюдистые сланцы с гранатом и магнетитом, углеродистые сланцы и мраморы; 11 – метадиабазы, спилиты, амфиболитизированные метадиабазы и их пирокласты; 12 – метапесчаники, гравелиты, конгломераты, конглобрекции; 13 – алевролиты, глинистые сланцы, туфосланцы; 14 – эффузивы, реже пирокласты риолитового, риодацитового и дацитового состава флюидальные; 15 – ленточные фельзиты; 16 – лавоконглобрекции кислого состава; 17 – диабазовые порфириды, реже пирокласты; 18 – черные углеродистые сланцы и черные мраморы; 19 – несогласие и перерыв; 20 – фитодериваты и микрофитолиты (а), невландии (б), губки (в); 21 – археоциаты и трилобиты

Анализировалось 1540 проб на 29 детально закартированных и изученных участках. Из них в 565 были установлены весовые концентрации золота,

в 354 пробах золота 0,1 г/т, в 159 пробах – 0,2 г/т. Частота встречаемости проб с таким содержанием золота не менее 30 %, редко больше (например,



в чинчилигской свите в бассейне р. Качик – 90 %). Более высокие концентрации золота обнаружены лишь в 52 пробах: 18 проб – 0,3–0,4 г/т, 34 пробы – 0,5–1,8 г/т. Интересны в этом отношении углеродисто-кварцевые сланцы, в меньшей степени – железистые кварциты и углеродистые мраморы балыктыгхемской свиты на участке р. Морен (правый приток р. Эрзин). Здесь в 11 пробах (2,7 % от общего числа) золота 0,4–1 г/т. Примерно столько (0,3–1,8 г/т) – в четырех пробах (частота встречаемости 1,4 %) углеродистых метасланцев, метапесчаников и мраморов чартысской свиты (верховье р. Нарын). То же самое можно сказать о золотоносности черных сланцев чингинской свиты на участке р. Чазрыг в Джойском хребте – в шести пробах золота 0,3–1,3 г/т.

Содержание золота, близкое в той или иной мере к рудному, заставило нас продолжить отбор проб. Основное внимание уделялось опробованию нижнепротерозойских отложений нагорья Сангилен, поскольку они наиболее перспективны для выявления рудных концентраций золота. Результаты пробирного анализа проб показали, что из 1024 проб, взятых из разных типов протерозойских пород, а в некоторых случаях попутно и из более молодых, в 386 обнаружены весовые содержания золота: в 20 пробах – 0,05 г/т, в 324 – 0,1 г/т, в 36 – 0,2 г/т, в 3 – 0,4 г/т, в 2 – 0,6 г/т, в 1 – 3 г/т. Содержание 0,4 г/т установлено в двух пробах, отобранных на участке Тамалыкского месторождения фосфоритов (Кузнецкий Алатау) из углеродисто-серицит-кремнистых сланцев с вкрапленностью пирита (кern скв. 230, тамалыкская свита). Три пробы взяты в породах балыктыгхемской свиты: первая в магнетитовых метакварцитах (участок рр. Чангус, Кошкелиг, концентрация золота 0,4 г/т), вторая (0,6 г/т) – в мусковит-кварцевых сланцах, третья (3 г/т) – в андалузит-углеродисто-кварцевых сланцах (участок р. Баян-Кол); одна проба (0,6 г/т) – в слюдисто-кварцевых сланцах мугурской свиты (Мугурское железорудное месторождение).

Все эти результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительны концентрации золота в нижнепротерозойских породах мугурско-балыктыгхемско-чартысского комплекса отложений, представляющего собой углеродисто-ортокварцит-карбонатный комплекс пород. Обращает на себя внимание отчетливо выраженная связь золота с углеродисто-кварцевыми и углеродисто-слюдисто-кварцевыми сланцами. Тем не менее без детального (сплошного) опробования углеродсодержащих пород и систематического определения в них $C_{орг}$ сложно определить отношение между количеством углеродистого вещества в породах и содержанием в них золота. В связи с этим приходится сомневаться в существовании такой зависимости, так как в пробах из сланцев, в том числе графитисто-кварцевых, в которые макроскопически содержится больше всего углеродистого материала, не

было зафиксировано концентрации золота выше 0,1–0,2 г/т. Показательно при этом, что в таких породах очень мало пирита.

Рассматривая результаты пробирного и спектрального анализов с точки зрения их увязки с данными о наличии или отсутствии углеродистого материала в породах, можно достаточно определенно говорить об участии органического вещества в осаждении золота и других элементов в отложениях изучаемого комплекса. Основанием для такого вывода является приуроченность наиболее высоких концентраций золота к углеродистым породам, наличие в последних биофильных элементов (фосфора, ванадия, молибдена и других с содержанием заметно выше кларкового), а также присутствие весовых содержаний (0,1–0,2 г/т) золота в графитистых мраморах балыктыгхемской свиты (участок р. Морен). В них нет пирита, каких-либо других сульфидов и примеси силикатного материала, которые могли бы быть носителями золота, поэтому присутствие золота, скорее всего, обусловлено осаждением его органическим веществом. Участие органического вещества как механизма, способствовавшего накоплению золота в породах мугурско-балыктыгхемско-чартысского комплекса, кажется достаточно очевидным. Вместе с тем это, по-видимому, более сложно для понимания. Если в одних случаях связь золота с углеродистым веществом вполне определена, то в других – нет. Есть факты, позволяющие полагать, что осаждение золота происходило и по-другому. На это указывает содержание весовых количеств золота 0,1–0,2 г/т (в отдельных случаях и выше) в пробах, взятых в пиритсодержащих слюдисто-кварцевых сланцах и в магнетитовых прослоях железистых кварцитов балыктыгхемской и мугурской свит. В них нет углеродистого материала. Видимо, золото в них находится в пирите и магнетите. Ю. П. Ивенсен и В. С. Левин полагают, что гидроокислы железа, выпадая в осадок, сорбируют золото [9]. По мнению М. И. Воина и др., большая часть золота, накопившегося в осадочных породах, находится в осадочно-диагенетическом пирите [3]. Это заставляет более осторожно относиться к выводу о роли органического вещества в осаждении золота в отложениях мугурской, балыктыгхемской и чартысской свит, так как углеродистые породы, главным образом сланцы, почти всюду содержат вкрапленники, нередко обильные, местами тончайшие прожилки пирита, изредка пирротина и арсенопирита. Повышенное содержание золота в углеродистых породах, включающих пирит, может быть результатом сорбции его как органическим веществом, так и гидроокислами железа. Роль последних в осаждении золота применительно к опробованным нами породам остается неясной, поскольку пирит на золотоносность не изучался.

Органический аналитический материал не позволяет пока дать геохимическую характеристи-



ку свит, наметить зоны с аномальным содержанием в них элементов-примесей, определить контролирующие их признаки и в конечном счете решить вопрос о связи уровня концентрации золота в породах с содержанием в них элементов-примесей. В связи с этим, видимо, необходимо отметить следующее. В чинчилигской (=тесхемской), мугурской, балыктыгхемской, чартысской свитах обнаружены переотложенные продукты коры химического выветривания и выявлена достаточно разнообразная ассоциация элементов-примесей. По набору и концентрации их в породах наблюдается четко выраженное различие между мугурско-балыктыгхемско-чартысским и чинчилигско-тесхемским комплексами (табл. 1–3).

Для чинчилигской (в основном метапесчаники и метасланцы) и тесхемской (кристаллические сланцы и гнейсы) свит, образовавшихся в результате метаморфизма сланцев и песчаников, характерно обычно невысокое содержание углеродистого вещества в метасланцах и повышенное (по сравнению с кларковой) – ванадия, фосфора, кобальта, свинца, цинка, меди, мышьяка, молибдена, иттрия, галлия, в отдельных случаях урана.

Породы мугурско-балыктыгхемско-чартысского комплекса, залегающего несогласно и с перерывом на чинчилигско-тесхемском, в большинстве своем насыщены углеродистым веществом. Содержание его высокое, особенно в сланцах. Вероятно, в связи с этим в породах комплекса заключена более богатая ассоциация элементов-примесей. Все элементы, которые присутствуют в породах чинчилигской и тесхемской свит, содержатся и в породах мугурско-балыктыгхемско-чартысского комплекса, но в последних их концентрация и частота встречаемости значительно выше. Кроме того, ряд элементов присущ породам только этого комплекса: скандий, ниобий, титан, никель, серебро, барий и стронций. Аномальные концентрации элементов-примесей приходятся преимущественно на углеродисто-кварцевые и другие сланцы. В них определены также весовые содержания золота, в отдельных случаях близкие к рудным.

Следует заметить, что наличие повышенных содержаний галлия, скандия, германия, ниобия и титана в породах мугурско-балыктыгхемско-чартысского комплекса наряду с особенностями его литологического состава подтверждает наши выводы 1979 г. о присутствии в нем переотложенных продуктов кор выветривания.

Сведения о содержании золота в докембрийских породах позволяют обратить внимание на золотоносность пород балыктыгхемской свиты, слагающих Чангусскую синклираль (водораздел рек Чангус и Морен): углеродисто-кварцевые, углеродисто-силлиманит-слюдисто-кварцевые, слюдисто-кварцевые сланцы и магнетитовые прослои в метакварцитах. Они составляют небольшую часть свиты. В нескольких местах из них было взя-

то 369 проб, в половине установлено золото (0,1–0,2 г/т), а в 12 пробах (3 % от общего числа) – значительно больше (0,4–3 г/т).

Высокая частота встречаемости золота в пробах и значительная его концентрация в некоторых из них дают основание рекомендовать систематическое опробование со вскрытием пород канавами, а в отдельных случаях и скважинами. Важно учитывать возможный вынос золота в зоне выветривания в результате окисления пирита из пород, опробованных авторами. Предлагая постановку такого рода работ, следует исходить из того, что в недалеком будущем по мере развития технологии извлечения золота и роста потребностей породы с низким содержанием золота при наличии больших их масс могут иметь большое значение для экономического развития России.

Представляется целесообразным проведение новых исследований, аналогичных выполненным авторами на других площадях, сложенных породами балыктыгхемской и чартысской свит там, где в составе их есть углеродистые сланцы, а также в полосе развития отложений терсинской свиты на Ташелгинском железорудном месторождении (Кузнецкий Алатау) и в местах распространения железорудных отложений маетской свиты на юго-западе Восточного Саяна. Здесь могут быть выявлены новые значительные содержания золота.

Авторами в 1979 г. определено относительно высокое (0,3–1,3 г/т) содержание золота в черных сланцах чингизской свиты на участке р. Чазрыг в Западном Саяне. В связи с этим целесообразно их изучение на других площадях распространения свиты (в Джойском и в Куртушубинском хребтах).

В дальнейших исследованиях желательнее усилить геохимическое изучение черных сланцев, учитывая повышенное содержание в них целого ряда химических элементов (см. табл. 1–3).

В связи с золотоносностью мугурско-балыктыгхемско-чартысского комплекса А. Б. Гинцингер в 1982 г. высказал свое представление о формировании его осадков.

Решение этой проблемы – далеко не простое дело, поскольку вещественный состав отложений балыктыгхемской и чартысской свит и их изменение по разрезу и по латерали изучены еще очень слабо. Кроме того, до сих пор не установлено достаточно точно современное их распространение на северо-востоке Тувы и сопоставляемых с ними отложений в Восточном Саяне. Вместе с тем, как известно, границы площади развития литостратиграфического подразделения и фациальный тип его осадков наряду с другими геологическими признаками дают возможность восстановить палеогеодинамическую позицию области его формирования.

Размещение выходов балыктыгхемской и чартысской свит в нагорье Сангилен и на северо-востоке Тувы, а также коррелируемых с ними дербин-



Таблица 1

Содержание типохимических элементов в отложениях чинчилигской и тесхемской свит

Участок	Литотип	Типохимический элемент													
		Pb	Zn	Cu	As	Ni	Co	Mo	P	Sr	V	Y	Zr	Ga	U
Чинчилигская свита (PR ₁)															
р. Качик	Углеродисто-серицитовые сланцы и алевролиты с вкрапленностью пирита	-		+	+			+	-						-
	Кварц-полевошпатовые серитизированные песчаники с вкрапленностью пирита			+				+	-		+			+	
рр. Чангус, Кошкелиг	Метасланцы	+	-	-			-	+	-		+	+			
	Метакварциты	+						+					-	+	
р. Баян-Кол	Кристаллические сланцы							-	-				-	-	
Тесхемская свита (PR ₁)															
р. Морен	Амфиболиты	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+		

Примечание. Значения выше кларковых: + много, – единично.

ской + жайминской свит в Восточном Саяне, терсинской свиты в Кузнецком Алатау, пенченгинской в Енисейском кряже, хангильцигской [2] на северо-западе МНР и аналогичных или близких по составу отложений хр. Хамар-Дабан показывает, что рассматриваемые отложения накапливались на большой площади, вытянутой в общем параллельно юго-западному ограничению Сибирской платформы. На северо-востоке этой территории выходы отложений коррелируемых с балыктыгхемской свитой находятся недалеко от края платформы. Как отмечает Дж. Л. Уилсон, «система карбонатообразования действует наиболее эффективно в морских областях, соседствующих с динамически стабильной сушей и областями незначительного пресноводного стока. В таких областях прозрачные мелкие морские воды окаймляют и перекрывают обширные шельфы, окружающие области суши» [17, с. 387]. Учитывая это и расположение отложений, авторы считают вероятным, что во время их накопления к северо-востоку от территории, занятой теперь Восточным Саяном и Енисейским кряжем, находилась суша, появившаяся на месте существовавшего здесь кратона, составленного архейскими и раннепротерозойскими складчатыми комплексами. Таким образом, можно, видимо, говорить о накоплении отложений балыктыгхемской свиты и ее аналогов на шельфе континента. В связи с этим правомерно предположить, что отложения балыктыгхемской свиты на западе нагорья Сангилен и терсинской свиты в Кузнецком Алатау, наиболее удаленные по сравнению с синхронными отложениями Восточного Саяна и Енисейского кряжа от упомянутой суши, формировались в той части бассейна, которая была расположена ближе к внешнему краю шельфа и, следовательно, должна была отличаться относительно большей глубиной. Однако имеются данные, заставляющие сомневаться в правильности этого предположения.

При сопоставлении балыктыгхемской и терсинской свит выяснилось сходство их вещественного состава. Они представлены одинаковым набором пород и, что очень важно, в базальной части обеих характерным компонентом являются железные руды. В балыктыгхемской свите они состоят из чередующихся между собой магнетитовых (местами гематит-магнетитовых) и ортокварцитовых (кварцито-песчаниковых) слоев. Осадочное происхождение железистых кварцитов не вызывает сомнений. Как известно, железорудные образования служат хорошим индикатором условий осадконакопления. Нормально-осадочные железные руды формируются в сравнительно мелководных условиях. Н. М. Страхов, сравнивая фациальные типы докембрийских джеспилитовых и послепротерозойских оолитовых руд, пришел к следующему выводу: «Оолитовые руды суть типичные мелководные образования, локализованные между берегом и областью тонкодисперсных глинистых отложений и заходившие только в самую внешнюю кайму этих последних. Джеспилитовые руды локализованы по ту сторону зоны глинистых осадков, в пределах центральных и относительно глубоководных частей бассейнов, далеко отодвинутых от берега» [15, с. 179].

Такая интерпретация местоположения джеспилитов в фациальном профиле бассейна осадконакопления не может быть распространена на руды балыктыгхемской свиты, поскольку они отличаются от кремнежелезистых отложений (джеспилитов) тем, что тесно связаны с кварцито-песчаниками и, следовательно, формировались в полосе песчаных накоплений, ближе к берегу. Об этом свидетельствуют и другие данные. С такой точки зрения, при определении места, откуда поступал материал для образования железистых кварцитов балыктыгхемской и терсинской свит, нужно сказать, что это не могла быть суша, речь о кото-



Таблица 2

Содержание типохимических элементов в отложениях балыктыгхемской, чартысской и мугурской свит

Участок	Литотип	Типохимические элементы																				
		Pb	Zn	Cu	Ag	As	Ni	Co	Mn	Ti	Mo	Nb	P	V	Ba	Sr	Y	Zr	Ga	Ge	Sc	U
Балыктыгхемская свита (PR ₁)																						
рр. Чангус, Кошкелиг	Магнетитовые кварциты	-	+				-	+		+	+		+	-			+		+			
	Углеродистокварцевые, биотит-амфиболовые и другие сланцы	+	+	-	-		-	+		-	-	+		+					-			
	Углеродистые мраморы	-	-	-	-					+	+	+		+	-	+	+	-		+		
р. Баян-Кол	Углеродистокварцевые и другие сланцы	+	-	-	-	+	-		-	+	+		+	+	-		+	-		-		-
	Углеродистые мраморы	-		+						+	+	+		+	+	-	+	-		-		
р. Морен	Углеродистокварцевые, слюдистокварцевые и другие сланцы	-	-	-	+	-		-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
	Метакварциты и железистые кварциты			-										+	+		-		-	+		
	Углеродистые мраморы			-			-							+	+	-		-	-	-		
Балыктыгхемская и чартысская свиты (PR ₁)																						
р. Нарын	Углеродистокварцевые, слюдистокварцевые сланцы		+		+	+	-	+	+	+	+		+	-		+		-	+	-	+	-
	Метапесчаники									+			+						+			
	Углеродистые мраморы			-						+	+		+		-	-						
Мугурская свита (PR ₁)																						
Мугурское железорудное месторождение	Кристаллические сланцы и метакварцевые породы	+	+	-	-	-		+			+		+	-			-	+	-			

Примечание. Значения выше кларковых: + много, – единично.

рой шла выше, так как она была удалена не менее чем на 500 км от районов накопления отложений балыктыгхемской и терсинской свит. Несмотря на достаточно высокую геологическую подвижность железа, вряд ли можно допустить его миграцию на такое расстояние, если учесть, что во время формирования осадков балыктыгхемской свиты в бассейне осадконакопления интенсивно шел процесс карбонатообразования, а повышенная карбонатность воды обычно вызывает ускоренное осаждение как гидроокиси алюминия, так и желе-

за [8]. Это обстоятельство и ассоциация железных руд с песчаным материалом указывают на возможность их отложения в верхней части шельфа на небольшом удалении от суши.

Такое предположение кажется, на взгляд авторов, достаточно правдоподобным и, в свою очередь, наводит на мысль о существовании во время формирования осадков балыктыгхемской свиты суши, располагавшейся западнее и северо-западнее района нагорья Сангилен и на площади современного Кузбасса. Если это так, то в разрезе рас-

Таблица 3

Содержания химических элементов в отложениях чоодунской и онгешской свит

Литотип	Sc	Sr	V	Mo	Cu	As	Zn	Pb
Чоодунская свита								
Роговики кремнистые	-	+	+	+		-		
Известняки	+	+						
Сланцы кремнистые	-	-		-			-	
Онгешская свита								
Сланцы кремнистые	+	+	-	-				
Известняки углеродистые, песчаные	+	+	+	+	-	-		+

Примечание. Значения выше кларковых: + много, - единично.

смагриваемых отложений должно быть выражено изменение состава осадков в сторону суши. Это действительно есть, но установлено пока только на северо-западе нагорья Сангилен. Здесь на участке западного окончания Чангусской синклинали в направлении к западу от р. Морен видно резкое увеличение количества терригенного материала в составе балыктыгемской свиты и вместе с тем сокращение мощности мраморов (данные А. Б. Гинцингера и др., 1979, 1982 гг.). Здесь вещественный состав свиты сходен с таковым ее стратиграфического аналога – мугурской свиты, отложения которой распространены в верхнем течении р. Морен (рр. Орта-Адыр, Ак-Адыр) и на площади между речья Тес-Хем – Морен. В мугурской свите мраморы занимают подчиненное положение, преобладают сильно метаморфизованные силикатные породы. Среди них много метакварцитов, свидетельствующих о формировании отложений мугурской свиты в зоне привноса большого количества песчаного материала. Очевидно, можно полагать, что во время формирования осадков балыктыгемской свиты район северо-западной части нагорья Сангилен был расположен во внешней менее мористой зоне бассейна осадконакопления по сравнению с той его площадью, где происходило образование мощных карбонатных осадков. Насколько далеко он находился от береговой линии, сказать трудно. Представляется, что вероятный источник сноса располагался к западу и северо-западу от района нагорья Сангилен.

Данных об изменении фациального состава терсинской свиты у нас нет. Тем не менее обилие обломочного кварца в мраморах свиты, вскрытых на юге Кузнецкого Алатау в районе Ташелгинского железорудного месторождения и на севере в бассейне р. Золотой Китат, дают основание считать, что терригенный материал поступал в область седиментации с территории, занятой в настоящее время Кузбассом. Этот предполагаемый район размыва, как и Убсунур-Тесхемский, могли

быть частями более крупной суши. Если исходить из предположения о наличии в районе р. Верхний Китат в Восточном Саяне железорудных отложений, синхронных балыктыгемским, то можно предварительно в самом общем виде наметить расположение внешней (верхней) части шельфа на юго-западе реконструируемого морского бассейна. Вероятно, что верхняя зона шельфа охватывала западно-юго-западную и центральную части Кузнецкого Алатау и простиралась в направлении от северо-северо-запада к юго-юго-западу. Далее, имея, по-видимому, околоширотную ориентировку, она протягивалась в пределы Восточного Саяна в район р. Верхний Китат, а оттуда – в южном направлении в нагорье Сангилен.

Намеченная палеогеографическая модель времени накопления осадков балыктыгемской свиты позволяет считать, что выходы пород рассматриваемых отложений, занимающие краевое положение относительно гипотетической области размыва, дают возможность в какой-то мере судить о размерах площади осадконакопления на территории Алтае-Саянской области. Вероятно, эта площадь не очень существенно отличалась от полосы современного распространения выходов пород балыктыгемской и сопоставляемых с ней свит.

Осадки, накопившиеся в упомянутом бассейне, представляют в целом мощный (около 3500 м) песчано-карбонатный комплекс. В его составе песчаный материал занимает подчиненное место, но он имеет большое значение в палеогеографическом отношении, поскольку является высокозрелым кварцевым. Как принято считать, ортокварцит-карбонатная ассоциация характерна для мелководного шельфа. С позиции такой концепции, есть основание полагать, что существовавший во время осадконакопления осадков балыктыгемской свиты в Алтае-Саянской области бассейн осадконакопления никогда не был достаточно глубоким. Полное или почти полное отсутствие в отложениях этого мелководного моря кластитов псефитовой размерности указывает на то, что соседствовавшая с ним суша имела низкий, по-видимому, пологохолмистый рельеф, где химическое выветривание господствовало над механической эрозией. Подобная ситуация благоприятствовала образованию кварцевого песка, который мог формироваться также за счет разрушения кварцевых и полевошпат-кварцевых песчаников более древних отложений, таких, например, как ортокварциты чинчилигской свиты.

В соответствии с приведенной интерпретацией размещения и характера бассейна осадконакопления и суши можно сделать некоторые предварительные выводы относительно условий накопления мугурско-балыктыгемско-чартысского комплекса отложений для западной части нагорья Сангилен. Эти выводы могут представлять определенный интерес, поскольку в рассматриваемых от-



ложениях имеются породы с повышенным содержанием золота.

Началу их формирования предшествовал континентальный перерыв, по-видимому, достаточно длительный, последовавший за складчатостью, которая обусловила несогласие между чинчилигской и балыктыгхемской (мугурской) свитами. После перерыва территория Сангиленана вновь стала местом морской седиментации. Море пришло сюда с юга. Новый этап осадконакопления отличался от предыдущего, в течение которого образовался мощный, преимущественно терригенный комплекс осадков – чинчилигская свита с резким преобладанием карбонатообразования, приведшим к накоплению огромной массы известковых илов. Однако их формирование началось не сразу. Широкое, вероятно, сквозное распространение в основании балыктыгхемской свиты метакварцитов, в том числе нередко железистых, показывает, что осадконакопление началось с отложения песчаного материала. В ассоциации с ним местами осаждалась гидроокисная взвесь железа, за счет которой возник рудообразующий компонент железистых кварцитов. Состав осадков базальной пачки свидетельствует о том, что они образовались из продуктов размыва коры химического выветривания. Можно, видимо, говорить о мелководном характере отложений этой части свиты. Вместе с тем почти полное отсутствие в них текстур мелководья (косой слоистости, волноприбойных знаков, следов размыва и др.) указывает на их накопление ниже уровня волнового воздействия, очевидно, в условиях спокойной гидродинамической обстановки. Мощность базальных слоев менялась от 30 до 150 м, местами несколько больше. Возможно, дно бассейна было не очень ровным, не везде одинаковым был темп его опускания.

В сангиленской части морского бассейна вслед за окончанием формирования базальных слоев балыктыгхемской свиты довольно отчетливо обособились две зоны осадконакопления: одна – в районе, охватывающем ныне междуречье Тес-Хем – Морен, другая занимала всю остальную площадь нагорья Сангилен. В первой накапливались отложения в основном терригенных осадков, в подчиненном количестве карбонатных, во второй широко развито было карбонатообразование, а привнос обломочного материала был невелик. Первая зона названа терригенной, а вторая карбонатной. Как уже отмечалось, терригенная зона находилась ближе к суше и являлась краевой по отношению к карбонатной.

Такие изменения в характере седиментации были, скорее всего, вызваны ослаблением геодинамической активности в области сноса. В результате резко сократилось поступление терригенного материала, что само по себе является одним из факторов, благоприятствующих осаждению CaCO_3 . Но, видимо, не это было главным. Скорее

всего, резкое сокращение площади развития песчаной фации обусловило расцвет микропланктонной флоры, способствовавшей удалению CO_2 из морской воды в процессе фотосинтеза. Как полагают Дж. Л. Уилсон [17], данный фактор в совокупности с другими может играть первостепенную роль в стимулировании осаждения CaCO_3 и в интенсивном развитии этого процесса. Также он отмечал, что «преобладающая часть карбонатной седиментации, хотя и не вся полностью, является результатом химических и биохимических процессов» [17, с. 15].

В карбонатной зоне к концу формирования осадков балыктыгхемской свиты накопилось большое количество известкового материала (по предварительным данным, суммарная мощность карбонатной части составляла 1500–2000 м). Его осаждение происходило биохимическим путем. Аргументом, подтверждающим это предположение, может служить присутствие в мраморах балыктыгхемской свиты огромного количества органического углеродистого вещества.

Большая мощность карбонатных отложений и отсутствие в них размывов свидетельствуют о постоянном опускании дна бассейна, но не везде их накопление было непрерывным. На некоторых участках осаждение CaCO_3 иногда уступало место отложению тонкозернистых терригенных осадков. На это указывает наличие в мраморах отдельных пластов и пачек углеродисто-кварцевых, углеродисто-слюдисто-кварцевых и углеродисто-силлиманит-слюдисто-кварцевых сланцев. Микроскопическое изучение этих метаморфических пород показывает, что они образовывались по тонкозернистым терригенным породам. Первоначально (в осадке) это были тонкозернистые пески и алевриты, существенно кварцевые с глинистой примесью, сильно обогащенные органическим веществом.

Такие изменения характера седиментации в зоне карбонатообразования можно объяснить некоторым периодическим нарастанием динамической активности в области размыва. Обращает на себя внимание, что именно в это время вместе с осаждением тонкозернистого терригенного материала особенно интенсивно накапливалось органическое вещество. Это, вероятно, было связано с увеличением выноса в море фосфора и других элементов, способствовавших бурному развитию планктонной микрофлоры, которая в конечном счете и являлась основным источником органического вещества. Его биогенная природа подтверждена сотрудником ВСЕГЕИ М. В. Богдановой, установившей $C_{\text{орг}}$ в графитистых сланцах и в темных кварцитах мугурской свиты. Наибольшая его концентрация (до 18,9 %) обнаружена в сланцах. Н. И. Юдин отметил, что эти данные вполне можно использовать по результатам изучения наших проб [19].



Наличие органического вещества в пробах указывает, что во время их образования воды, содержащие кислород, несмотря на мелководный характер моря, не достигали поверхности дна и в связи с этим в осадке и, по-видимому, в наддонной воде существовало сероводородное заражение. Об этом свидетельствует присутствие пирита (иногда 3–7 % от массы породы) во всех упомянутых разновидностях углеродисто-кварцевых сланцев [5, 7]. Нередко пирит содержится и в мраморах, но обычно в меньшем количестве. Высокая концентрация органического вещества в тонкообломочных породах позволяет предполагать, что накопление осадков было приурочено к отрицательным формам рельефа дна. В таких местах восстановительная обстановка отличалась наибольшей стабильностью.

Как видно из изложенного, балыктыгемская свита фациально неоднородна, однако главная масса ее пород представлена карбонатными отложениями.

В терригенной зоне, где формировались осадки мугурской свиты, резко доминировало накопление обломочных материалов, и лишь в отдельные промежутки времени оно сменялось карбонатобразованием, но тогда происходил привнос кварцевого песка, зерна которого неравномерно рассеивались в известковом материале или часто образовывали в нем тонкие слои. Такая фациальная обстановка, видимо, возникла, когда восходящие движения суши проявлялись вяло. Обращает на себя внимание отсутствие гравелитов и конгломератов среди терригенных пород. Это нужно рассматривать как свидетельство низкой энергии рельефа той части суши, с которой сносился терригенный материал.

Среди пород мугурской свиты, несмотря на высокую степень метаморфизма (амфиболитовая фация), можно точно установить первичную природу метакварцитов, углеродисто-кварцевых сланцев и, конечно, мраморов. Намного сложнее восстановить, за счет метаморфизма каких пород образовались двуслюдяные сланцы, гнейсы и амфиболиты. Относительно амфиболитов пока нельзя сказать ничего определенного. Что касается двуслюдяных сланцев и гнейсов, то в этом случае задача решается несколько проще – путем сравнительного анализа.

Двуслюдяные сланцы и гнейсы, практически неотличимые от мугурских, имеются в тесхемской свите. Прослеживая их по простираю на правобережье р. Эозин, между ее притоками рр. Баян-Кол и Чангус, можно наблюдать, как они постепенно замещались филлитами, в которых еще сохранились признаки осадочных пород, указывающие на принадлежность их к алевроглинистому типу осадков. Вероятно, по аналогичным породам возникли кристаллические сланцы и гнейсы мугурской свиты. Размещение и количественное соотно-

шение пород в разрезе свиты показало, что в терригенной зоне преобладало осаждение песков, но оно чередовалось с накоплением алевроглинистого и в меньшей мере карбонатного материала. В этой смене фаций отражена неравномерность характера геодинамики в области размыва при сохранении общей тенденции к воздыманию.

Недостаточная изученность строения отложенных терригенной и карбонатной зон не дают возможности с необходимой детальностью сравнить их стратиграфические объемы. Поэтому остается неясным вопрос о наличии или отсутствии здесь отложений, синхронных чартысской свите в карбонатной зоне. На северо-западе последней (в пределах Чангусской синклинали структуры) на современном денудационном срезе чартысской свиты нет. Возможно, ее стратиграфический аналог уничтожен эрозией и в терригенной зоне. Таким образом, пока нельзя сказать ничего определенного о фациях отложений, накапливавшихся в этой зоне во время формирования осадков чартысской свиты.

Во время формирования чартысской свиты, как и балыктыгемской, осадконакопление контролировалось в основном геодинамическими процессами на суше. Об этом свидетельствуют данные о составе и строении отложений. Однако их характер стал иным, похожим на ритмичный (импульсный). Относительно энергичные, но обычно кратковременные поднятия многократно чередовались с более продолжительными слабыми.

В соответствии с таким геодинамическим режимом суши в бассейне седиментации отлагались то терригенные, то карбонатные осадки. Но частые изменения интенсивности подъема области размыва не изменили общей направленности характера седиментации. Преобладало образование карбонатных осадков. Они составляют около 2/3 мощности свиты, достигающей 1500 м в бассейне р. Нарын. Кальцитовый состав карбонатных пород и присутствие среди них в разных интервалах разреза свиты, но преимущественно в верхней части пластов черных мраморов (мощность 2–3 м), содержащих в значительном количестве углеродистое вещество, нередко в ассоциации с пиритом, показывают, что процесс карбонатобразования во время формирования осадков чартысской свиты происходил примерно в таких же условиях, как и балыктыгемской.

То же самое можно сказать и о терригенных породах чартысской свиты, слагающих пласты (от нескольких десятков сантиметров до 3 м) и пачки (мощность до 10, редко до 40 м). Они, как и карбонатные породы, являются мелководными образованиями. В большей части это песчаные или алевритовые осадки, в меньшей мере глинистые (или алевроглинистые) и редко гравийные, обычно слоистые. Слоистость тонкая параллельная, изредка волнистая и косая. Очевидно, накопление осадков



происходило в основном ниже зоны воздействия волн.

В чартысской свите среди метатерригенных пород наряду с кварцевыми и существенно кварцевыми разностями есть кварц-полевошпатовые, нередко крупнозернистые, а местами гравелитовые. Видимо, на участках суши, поставивших обломочный материал, в моменты импульсивных поднятий эрозия проходила более энергично, чем во время накопления песчаных отложений балыктыгхемской и мугурской свит. Именно в такие промежутки, когда в пределах области размыва подавлялся процесс химического выветривания, в бассейн поступал незрелый обломочный материал.

В терригенных породах чартысской свиты, так же как и в карбонатных, присутствует углеродистое вещество, связанное с метаморфизованными окаменелостями вымерших планктонных микрофитов. Наибольшая его концентрация обычно связана с алевроглинистой фракцией, накопление которой не имеет строго определенной стратиграфической приуроченности. Она наблюдается в разных интервалах разреза свиты, но чаще в верхней ее части. Мощность ее не превышает 3 м. Она почти всюду содержит в значительном количестве аутигенный пирит.

В заключение необходимо сказать несколько слов о климатической обстановке во время накопления осадков мугурско-балыктыгхемско-чартысского комплекса. Особенности его состава позволяют полагать, что в балыктыгхемское – чартысское время бассейн осадконакопления и область размыва располагались в зоне очень теплого влажного климата. На это указывают существенно карбонатный тип отложений комплекса и наличие в них продуктов размыва коры глубокого химического выветривания, что происходит лишь в условиях гумидного жаркого климата. Дж. Л. Уилсон установил, что среди факторов, способствующих карбонатообразованию, одним из главных, определяющих интенсивное развитие этого процесса, является температура морских вод. Они должны быть хорошо прогретыми, а это возможно только в том случае, если бассейн седиментации находится в зоне жаркого климата [17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Александров, Г. А.** Новые данные о протерозойских и раннекембрийских отложениях Сангилены [Текст] / Г. П. Александров, З. А. Журавлева, М. В. Степанова // Материалы по геологии Тувинской АССР. Вып. 3. – Кызыл, 1974. – С. 3–22.

2. **Амантов, В. А.** Тектоника и формации докайнозоя Забайкалья и Северной Монголии : Автореф. дис. ... д. г.-м. н. [Текст] / В. А. Амантов. – Л. : ВСЕГЕИ, 1972. – 40 с.

3. **Воин, М. И.** Геолого-геохимические особенности золоторудной минерализации в «черносланцевых толщах и применение геохимических ме-

тодов при ее поисках, оценке и разведке [Текст] / М. И. Воин // Обзорные геологические методы и разведка месторождений металлических полезных ископаемых. – М. : ВИЭМС, 1978. – 53 с.

4. **Вознесенский, В. Д.** К стратиграфии докембрийских образований Мугурского рудного поля (Сангиленское нагорье) [Текст] / В. Д. Вознесенский // Геология и геофизика. – 1981. – № 3. – С. 42–52.

5. **Гинцингер, А. Б.** Краткий обзор стратиграфии верхнего докембрия Алтае-Саянской области [Текст] / А. Б. Гинцингер // Верхний докембрий Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1979. – С. 451.

6. **Гинцингер, А. Б.** О соотношении стратиграфических подразделений нижнего протерозоя Тувы [Текст] / А. Б. Гинцингер // Геология и геофизика. – 1984. – № 4. – С. 3–9.

7. **Гинцингер, А. Б.** Строение разреза отложений докембрия нагорья Сангилен [Текст] / А. Б. Гинцингер, М. К. Винкман, А. Ф. Фефелов // Верхний докембрий Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск : Наука, 1979. – С. 32–119.

8. **Зеленов, К. К.** Образование взвесей железа и алюминия в морских бассейнах. Современные осадки морей и океанов [Текст] / К. К. Зеленов. – М. : Наука, 1961. – С. 65–72.

9. **Ивенсен, Ю. П.** Генетические типы золотого оруденения и золоторудные формации и геохимия золота Верхоянно-Чукотской области. [Текст] / Ю. П. Ивенсен, В. С. Левин – М. : Наука, 1975. – С. 5–120.

10. **Изменение** положения границ докембрия в Туве [Текст] / А. Б. Гинцингер, А. Ф. Фефелов, М. К. Винкман, С. Л. Тарновский // Геология и геофизика. – 1989. – № 7. – С. 8–17.

11. **Ильин, А. В.** Докембрий [Текст] / А. В. Ильин // Геология СССР. Т. XXIX. Ч. 1. Тувинская АССР. – М. : Недра, 1966. – С. 46–64.

12. **Ильин, А. В.** Железистые кварциты в Туве [Текст] / Н. В. Ильин, В. М. Муравлев. – М. : Госгеолтехиздат, 1956. – С. 80–81. – (Тр. ВАГТ ; вып. 2)

13. **Лепезин, Г. Г.** Метаморфические комплексы Алтае-Саянской складчатой области [Текст] / Г. Г. Лепезин. – Новосибирск : Наука, 1978. – 229 с.

14. **Митрофанов, Ф. П.** Докембрий Западной Монголии и Южной Тувы [Текст] / Ю. П. Митрофанов. – Л. : Наука, 1981. – 155 с.

15. **Страхов, Н. М.** Основы теории литогенеза. Т. II [Текст] / Н. М. Страхов. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 574 с.

16. **Тарновский, С. Л.** Стратиграфия позднего докембрия западной части Восточного Саяна [Текст] // Верхний докембрий Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск : Наука, 1979. – С. 52–81.

17. **Уилсон, Дж. Л.** Карбонатные фации в геологической истории [Текст] / Дж. Л. Уилсон. – М. : Недра, 1980. – 453 с.



18. **Фефелов, А. Ф.** Новое в стратиграфии древнейших отложений бассейна р. Онгеш (хр. Восточный Танну-Ола) [Текст] / А. Ф. Фефелов // Актуальные вопросы геологии докембрия Сибири. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1981. – С. 29–36. – (Тр. СНИИГГиМС ; вып. 290).

19. **Юдин, Н. И.** Фосфоритоносность докембрийских отложений юго-восточной части Тувинской АССР [Текст] / Н. И. Юдин // Литология и полезные ископаемые. – 1965. – № 2. – С. 28–37.

REFERENCES

1. Aleksandrov G.A., Zhuravleva Z.A., Stepanova M.V. [New data on the Proterozoic and Early Cambrian deposits of Sangilen]. *Materialy po geologii Tuvinской ASSR* [Geology of the Tuva ASSR]. Kyzyl, 1974, vol. 3, pp. 3–22. (In Russ.).

2. Amantov V.A. *Tektonika i formatsii dokaynozoya Zabaykal'ya i Severnoy Mongolii* [Tectonics and formations of the pre-Cenozoic Transbaikalia and Northern Mongolia]. Thesis abstract. Leningrad, VSEGEI Publ., 1972, 40 p. (In Russ.).

3. Voin M.I. [Geological and geochemical features of gold ore mineralization in black shale formations and application of geochemical methods in its exploration and appraisal]. *Obzornye geologicheskie metody i razvedka mestorozhdeniy metallicheskih poleznykh iskopaemykh* [Review geological methods and exploration of metallic minerals]. Moscow, VIEMS Publ., 1978, 53 p. (In Russ.).

4. Voznesenskiy V.D. [On stratigraphy of pre-Cambrian formations of the Mugur ore field]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1981, no. 3, pp. 42–52. (In Russ.).

5. Gintsinger A.B. [Brief review of stratigraphy of the Upper pre-Cambrian of the Altai-Sayan region]. *Verkhniy dokembriy Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti* [Upper pre-Cambrian of the Altai-Sayan folded region]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1979, pp. 451. (In Russ.).

6. Gintsinger A.B. [Correlation of Lower Proterozoic stratigraphic units of Tuva]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1984, no. 4, pp. 3–9. (In Russ.).

7. Gintsinger A.B., Vinkman M.K., Fefelov A.F. [Subsurface structure of the pre-Cambrian deposits at the Sangilen upland]. *Verkhniy dokembriy Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti* [Upper pre-Cambrian of the Altai-Sayan folded region]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1979, pp. 32–119. (In Russ.).

8. Zelenov K.K. *Obrazovanie vzvesey zheleza i alyuminiya v morskikh basseynakh. Sovremennye osadki*

morey i okeanov [Generation of Fe and Al suspensions in sea basins. Recent sediments of seas and oceans]. Moscow, Nauka Publ., 1961, pp. 65–72. (In Russ.).

9. Ivensen Yu.P., Levin V.S. *Geneticheskie tipy zolotogo orudneniya i zolotorudnye formatsii i geokhimiya zolota Verkhoyanno-Chukotskoy oblasti* [Genetic types of gold mineralization, gold-ore formations and gold geochemistry of the Verkhoyansk-Chukotka region]. Moscow, Nauka Publ., 1975, pp. 5–120. (In Russ.).

10. Gintsinger A.B., Fefelov A.F., Vinkman M.K., Tarnovskiy S.L. [Change in pre-Cambrian boundaries in Tuva]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1989, no. 7, pp. 8–17. (In Russ.).

11. Ilyin A.V. Dokembriy [Pre-Cambrian]. *Geologiya SSSR – USSR Geology*, vol. XXIX, pt 1, Tuvinская ASSR. Moscow, Nedra Publ., 1966, pp. 46–64. (In Russ.).

12. Ilyin N.V., Muravlev V.M. *Zhelezistye kvartsity v Tuve* [Ferrous quartzes in Tuva]. Moscow, 1956, Gosgeoltekhizdat, VAGT Proc., vol. 2, pp. 80–81. (In Russ.).

13. Lepezin G.G. *Metamorficheskie komplekсы Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti* [Metamorphic complexes of the Altai-Sayan folded region]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978. 229 p. (In Russ.).

14. Mitrofanov F.P. *Dokembriy Zapadnoy Mongolii i Yuzhnoy Tuvy* [Pre-Cambrian of the Western Mongolia and Southern Tuva]. Leningrad, Nauka Publ., 1981. 155 p. (In Russ.).

15. Strakhov N.M. *Osnovy teorii litogeneza* [Lithogenesis theory foundations]. Moscow, AN SSSR Publ., 1962, vol. II. 574 p. (In Russ.).

16. Tarnovskiy S.L. [Late pre-Cambrian stratigraphy of the western part of the Eastern Sayan]. *Verkhniy dokembriy Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti* [Upper pre-Cambrian of the Altai-Sayan folded region]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1979, pp. 52–81. (In Russ.).

17. Wilson J.L. *Karbonatnye fatsii v geologicheskoy istorii* [Carbonaceous facies in geology]. Moscow, Nedra Publ., 1980. 453 p. (In Russ.).

18. Fefelov A.F. *Novoe v stratigrafii drevneyshikh otlozheniy basseyna r. Ongesh (khr. Vostochnyy Tannu-Ola)* [New data on stratigraphy of the most ancient deposits of the Ongesh River (the Eastern Tannu-Ola Ridge)]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1981, iss. 290, pp. 29–36. (In Russ.).

19. Yudin N.I. [Phosphorite content of the pre-Cambrian deposits of the southeastern Tuva ASSR]. *Litologiya i poleznye iskopaemye – Lithology and Mineral Deposits*, 1965, no. 2, pp. 28–37. (In Russ.).

ГИНЦИНГЕР Аркадий Болеславович (1918–2002), Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, к. г.-м. н.

ВИНКМАН Мария Карловна (1911–2015), Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, к. г.-м. н.

GINTSINGER Arkady (1918–2002), PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics, and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia

VINKMAN Maria (1911–2015), PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics, and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia